

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



**Diretrizes para avaliação funcional de pavimentos
aeronáuticos**

Rute Castro Lopo Ramalho

Tese realizada no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Doutor Jaime Manuel Queirós Ribeiro

Coorientador: Prof. Doutor Maria da Conceição Monteiro Azevedo

Dezembro de 2012

Resumo

Visando garantir a segurança dos movimentos das aeronaves nas pistas de aviação, é necessário que se verifique um espectro alargado de condições. De entre as condições que dependem do pavimento da pista, o atrito e a contaminação são fundamentais.

Os objetivos principais deste estudo passam por comparar dois métodos de classificação do coeficiente de atrito para identificar qual o mais conservativo e por procurar conhecer a relação entre o atrito e a contaminação.

O método consistiu, quanto à profundidade da investigação, na realização de um estudo descritivo, correlacional e experimental, com preponderância para o correlacional, de verificação de modelo causal hipotético e quanto à metodologia da investigação: na realização de um estudo quantitativo; de campo; quase sempre transversal, em alguns casos longitudinal.

Foram conduzidas campanhas de avaliação funcional em todas as pistas de aeroportos, bases aéreas e aeródromos, de Portugal, que procedem com regularidade a avaliações do coeficiente de atrito. Na totalidade a população consistiu em 16 pistas, em virtude da mesma ser reduzida, fez-se coincidir a amostra com a população. Os procedimentos estatísticos utilizados consistiram no cálculo de algumas medidas de tendência central, na aplicação de: Testes t; Testes de Fisher; Testes de Spearman e na análise de regressão linear, para estimar correlações e efetuar previsões.

Os principais resultados, conclusões e sugestões do estudo são:

- A utilização dos valores dos mínimos das médias móveis por terço para classificação do atrito é mais conservativa do que a classificação do atrito com base no valor médio por terço. Assim, de futuro deverá passar a usar-se a primeira;
- É pertinente que se avalie o atrito a duas velocidades: 65km/h e 95km/h;
- A limpeza das pistas é fundamental para que as mesmas tenham um bom coeficiente de atrito. Este estudo concluiu que a contaminação se reflete nos resultados de atrito a 65km/h e nos resultados do atrito a 95km/h;
- A textura é um parâmetro de 2.^a ordem para a segurança operacional. Assim a sua avaliação, aquando das campanhas de avaliação funcional, deverá ser opcional;

- A irregularidade é um fator de 3.^a ordem para a segurança operacional. Contudo, este parâmetro deverá ser avaliado para garantia do respeito dos limites impostos pelos normativos internacionais;
- As classificações de IFI e de PCI, eventualmente importantes para a gestão dos pavimentos aeronáuticos, relativamente à segurança operacional são pouco significativas, pelo que no âmbito da realização de campanhas de avaliação funcional, a sua determinação pode ser dispensada.

Sugere-se que, com a maior brevidade possível, se publique e implemente regulamentação nacional sobre a avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos, não só para os aeroportos, como também para os aeródromos. Sempre que possível, a Força Aérea também deve adotar essa regulamentação.

Palavras Chave

Aeródromos

Avaliação Funcional

Atrito

Contaminação

Pavimentos

Pista Aeronáutica

Segurança Operacional

Textura

Abstract

In order to attain a safe aircraft movement on runways it is necessary to accomplish a broad spectrum of conditions. Among the conditions that depend on the runway pavement, friction and contamination are fundamental.

The main objectives of this study are, by comparing two methods of classification of friction coefficient to identify which is the more conservative and to seek the relationship between friction and contamination.

The method consisted of, in terms of the depth of research, in a descriptive study, correlational and experimental (with preponderance to correlational) of verification of the hypothetical causal model. As to the methodology of the investigation, it consisted in conducting a study which was based on quantitative and field analysis; almost always transversal, but in some cases longitudinal.

Functional assessment campaigns were conducted on all portuguese air bases and airports runways that make regular friction coefficient evaluations. The total number, population, consisted of only 16 runways, because it is so small, the sample was matched with the population. The statistical procedures used consisted in the calculation of some measures of central tendency, in the application of: t Tests; Fisher tests; Spearman tests and in the linear regression analysis, to estimate correlations and make predictions.

The main findings, conclusions and suggestions of the study are as follows:

- The use of minimum values of averages by third, friction classification is more conservative than the friction classification based on average value for third. So, in the future the first should be used.
- It is pertinent to evaluate the friction at two speeds: 65km/h and 95km/h;
- Runway cleaning is crucial to have a good friction coefficient. This study concluded that contamination reflects on the friction results at 65km/h and on the friction results at 95km/h;
- The texture is a 2nd order parameter for safety. So, its assessment during the functional assessment campaigns should be optional;

- The irregularity is a 3rd order factor for safety. However, this parameter should be evaluated to ensure compliance with the limits imposed by international regulation;
- The IFIs and PCI classifications, probably important for the aeronautical pavements management, are negligible for safety, so, in the context of the completion of functional assessment campaigns, their determination can be ignored.

It is suggested that, as soon as possible, national regulations on functional assessment of aeronautical pavements be published and implemented, not only for airports, but also for the aerodromes. Whenever possible the Air Force should also adopt such regulation.

Key Words

Aerodromes

Contamination

Friction

Functional Assessment

Pavements

Runway

Safety

Texture

Résumé

À fin d'obtenir une bonne sécurité pour les mouvements d'aéronefs sur les pistes d'aviation en toute sécurité, il est nécessaire de faire un large éventail de conditions, parmi lesquelles les chaussées des pistes sont les plus basiques et donc très importantes. C'est ici que l'on doit considérer le frottement et la contamination des chaussées.

Les principaux objectifs de cette étude sont, d'une part, la comparaison de deux méthodes de classification du coefficient de frottement pour identifier le plus conservateur et, d'autre part, de chercher à connaître la relation entre les coefficients du frottement et de la contamination.

Il s'agit d'une étude descriptive, corrélationnelle et expérimentale, avec prépondérance du corrélationnelle de vérification d'un modèle causal hypothétique. La méthodologie de la recherche a consistée dans la réalisation d'une étude sur une analyse quantitative ; sur le champ et presque toujours transversale, mais longitudinale dans certains cas.

Des campagnes d'évaluation fonctionnelle ont été menées sur toutes les pistes des aérodromes nationaux, bases aériennes et des aéroports, qui proviennent des évaluations régulières du coefficient de frottement. Le numéro total de pistes d'aviation est 16. En vertu de sa valeur réduite, il a fallu l'amener à coïncider avec l'échantillon de la population. Les procédures statistiques utilisés consistaient dans le calcul de certaines mesures de tendance centrale, dans l'application de : Tests de t ; Tests de Fisher ; Tests de Spearman et dans l'analyse de régression linéaire pour estimer des corrélations et de faire des prédictions.

Les principales constatations, conclusions et propositions de l'étude sont les suivantes:

- L'utilisation de valeurs minimales des moyennes par tiers pour la classification de frottement est plus conservatrice que la classification de friction basée en moyenne valeur de tiers. Ainsi, dans l'avenir, il devrait être utilisé la premier valeur;
- Il est pertinent d'évaluer la friction a deux vitesses : 65kmh et 95kmh;
- L'nettoyage des pistes est crucial d'avoir un coefficient de frottement bon. Cette étude a conclu que la contamination se reflète dans les résultats de la friction a 65km/h et sur les résultats de la friction a 95km/h;
- La texture est un paramètre du second ordre de sécurité opérationnelle. Son évaluation lors des campagnes d'évaluation fonctionnelle, devrait être facultatif;

- L'irrégularité est un facteur d'ordre 3 de sécurité opérationnelle. Toutefois, ce paramètre doit être évalué pour assurer la conformité avec les limites imposées par le normatif international;
- Les classifications des IFI et PCI, éventuellement important pour la gestion des chaussées aéronautiques, sont négligeables pour la sécurité opérationnelle. Ainsi, dans le cadre de la réalisation de campagnes d'évaluation fonctionnelle, leur détermination peut être renoncée.

Il est suggéré de publier aussitôt que possible un règlement national sur l'évaluation fonctionnel des chaussées aéronautiques, non seulement pour les aéroports, mais aussi pour les aérodromes. Autant que possible la force aérienne devrait également adopter ce règlement.

Mots Clé

Aérodrome

Évaluation Fonctionnelle

Chaussées

Contamination

Frottement

Piste d'Aviation

Sécurité Opérationnelle

Texture

Agradecimentos

Este trabalho de investigação não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas às quais não posso deixar de manifestar toda a minha gratidão.

Em primeiro lugar, sem as conversas sobre o trabalho de todos e cada um de nós ao serviço da Força Aérea, nunca me teria apercebido do problema que tanto interesse me suscitou, e me levou a desenvolver esta investigação, por isso a todos os camaradas com quem tive o privilégio de conviver o meu Muito Obrigada.

Também em primeiro lugar obrigada ao Professor Doutor Jaime Ribeiro por ter aceite orientar-me e por tudo aquilo que me ensinou, na licenciatura, no mestrado e principalmente no programa Doutoral desta Faculdade de Engenharia, a qual, me permite ser com muito orgulho a Engenheira Rute Ramalho, da FEUP. Ainda em primeiro lugar obrigada à Doutora Conceição Azevedo, pela forma inexcelável como me ajudou a desenvolver este trabalho, pelo modelo de profissional que representa e pela presença marcante que tem tido ao longo da minha vida profissional desde que tive o privilégio de a conhecer.

A todos os chefes que fui tendo ao longo dos anos, desde que iniciei a minha carreira, até ao presente momento, o meu muito obrigada por nunca me terem cortado as asas e me terem sempre possibilitado voar para o conhecimento. Obrigada Pereira Pinto com quem aprendi a ser assertiva, obrigada Henning Schwarz com quem aprendi a ser rigorosa, obrigada Joaquim Veloso com quem aprendi Aeródromos, obrigada Tiago Marques com quem aprendi a trabalhar como se não houvesse amanhã, obrigada Victor Marques com quem aprendi a tratar subordinados, obrigada Sérgio Bingre com quem aprendi a ser amável e obrigada Francisco Balacó com quem aprendi a buscar incessantemente o saber.

Ao Engenheiro Jorge Magalhães pela indispensável ajuda no tratamento estatístico dos dados.

A concretização do trabalho que seguidamente se apresenta foi conseguida graças a numerosas outras ajudas pessoas que mesmo correndo o risco de injustas omissões, passo a referir:

À Força Aérea onde aprendi tudo quanto sei sobre Aeródromos, onde aprendi o significado da palavra camarada e onde cresci como profissional e ser humano.

À Direção de Infraestruturas obrigada por tudo o que me ensinaram, por tudo o que me deixaram fazer, estudar, por em prática, conhecer, falar, ouvir, enfim, obrigada por tudo, obrigada, Mariana, Vasco, Matono, Rui Mendes, Catarina, José Silva, Ramos, Duarte, Afonso, Jorge Marques.

Ao Laboratório do GEAFa muito obrigada. Sem esse laboratório não teria a oportunidade de haver enriquecido este trabalho com a demonstração prática dos fundamentos teóricos deste trabalho. Obrigada por terem colocado à minha disposição os vossos equipamentos, o vosso profissionalismo, a vossa dedicação, e as horas de trabalho, quer as vossas quer as que privastes às vossas famílias, obrigada Comandante Rosa Pereira, obrigada Victor, obrigada Rosa, obrigada Toniscas, obrigada Franco, obrigada Gerardo. À Mariana Monteiro, um agradecimento especial, não só por todo o trabalho que desenvolveu que serviu para este estudo, como também e sobretudo por partilhar comigo a preocupação com a segurança operacional que depende dos pavimentos aeronáuticos e por isso me ter acompanhado ao longo deste percurso.

A todos os pilotos de aeronaves a reação que contribuíram para este trabalho, desde a sua génese à sua conclusão muito obrigada, foi um orgulho trabalhar convosco. A outro piloto, o meu mano Máximo, muito obrigada por me ajudares a concretizar este projeto.

A todo o pessoal das bases, nas quais me foi possível a realização das campanhas de ensaio e a todos os camaradas que me forneceram dados, em especial ao Tenente Coronel Rui Almeida do CGTA e à Major Lídia Santana do CIMFA, muito obrigada. Obrigada por me fazerem perceber que os parentes desta grande família que é a Força Aérea, não obstante a distância, são igualmente solidários e não obstante as diferentes classes: Oficiais, Sargentos e Praças, são igualmente empenhados, profissionais e competentes.

À ANA pela disponibilização de dados e pela realização de ensaios de acordo com o preconizado pelas diretrizes propostas no âmbito do presente trabalho. O meu agradecimento especial ao Arquiteto João Leal, pela autorização da utilização dos dados, ao Eng.º Duarte Ferreira pela autorização e pela motivação que me conferiu para a elaboração deste trabalho,

ao Francisco da Horta por toda a informação que recolheu e me enviou, ao Mário Gil por tudo e em especial pela amizade, ao Telmo Abana por ter sido tão prestável, pela ajuda no tratamento gráfico dos formulários e pelas firmes convicções em aspetos de *safety* que comigo partilhou, e à Eng.^a Susana Brito pelo trabalho que desenvolveu incansavelmente, pela disponibilidade que sempre manifestou para trocarmos ideias, pela experiência e vivências que me transmitiu. À ANA e à ANAM, enquanto empresas, pelo investimento que fazem em matéria de *safety* e por de forma proactiva desenvolverem todos os esforços ao seu alcance, para que a segurança seja uma prioridade, em todos os aeroportos que gerem.

Ao INAC por me dar todas as condições para desenvolver este trabalho e por me ter permitido privar com colegas que tão calorosamente me receberam, me apoiaram e me facultaram o acesso aos instrumentos e informações disponíveis, necessários para a realização deste trabalho. Agradeço em especial aos colegas, Susel, Coutinho, André Marques, Ana Leite, ao meu ajudante de campo Luigi, ao meu ajudante de pesquisas e maior fiador de 5€ do mundo, o Fernando Coelho e à Sylvia por ter estado sempre a meu lado.

Não seria justo não agradecer à Sócia, a minha gatita, companhia de tantas horas durante o tempo que dediquei a este trabalho e à minha família pelos momentos de que os privei, pela companhia e compreensão dos meus estados de espírito menos felizes; ao meu Papy e à Larufas por todo o seu apoio, amizade e incentivo e finalmente à minha Mummy, a qual, pela forma como pauta e coerentemente observa as suas regras de vida, pela maneira desinteressada com que se entrega sem limite a tudo o que empreende e pela sua aposta séria e convicta na formação científica, como elemento enriquecedor do ser humano, as quais me servem de modelo e me encorajaram para a realização deste trabalho, sem o seu exemplo eu nunca teria chegado até aqui!

Finalmente agradeço a todos os que se interessarem pela leitura deste trabalho.

Índice

1	INTRODUÇÃO.....	35
1.1	Enquadramento/motivação/interesse.....	35
1.2	Enquadramento legal – Necessidades e obrigações	36
1.3	Problema.....	39
1.4	Pergunta de investigação	39
1.5	Objetivos	40
1.6	Metodologia	41
1.7	Estrutura	42
2	ANÁLISE CRÍTICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	47
2.1	Antecedentes	47
2.1.1	Runway confusion	51
2.1.2	Runway incursion	52
2.1.3	Runway excursion	53
2.2	O testemunho dos utilizadores	56
2.3	Estudo NLR.....	57
2.4	Estudo da EASA.....	60
2.5	Estudo da FSF e da IATA	61
2.5.1	Runway excursions.....	62
2.5.2	Fatores de risco das <i>runway excursions</i>	62
2.5.3	Potenciação dos fatores de risco.....	64
2.5.4	Conclusões e recomendações do estudo da FSF	64
2.6	Estado da arte	65
2.6.1	CRFI da TC	72
2.6.2	Estudo da DGAC	74
2.6.3	FTF da ICAO.....	75
2.6.4	TALPA ARC da FAA	75
2.6.5	RuFAB da EASA	77
3	DIAGNÓSTICO DE PAVIMENTOS AERONÁUTICOS	85
3.1	Introdução.....	85
3.2	Pesquisa e base de dados	85
3.3	Inspeções visuais - Auscultação	85
3.3.1	Valor de serviço atual (VSA) PSR	86
3.3.2	Levantamento visual contínuo.....	87

3.3.3	Inspeção a pé - Amostragem	88
3.4	Patologias	89
3.4.1	Patologias de pavimentos flexíveis.....	90
3.4.2	Patologias de pavimentos rígidos	102
3.5	Cálculo do PCI	116
4	PARÂMETROS FUNDAMENTAIS PARA A CARACTERIZAÇÃO	
	FUNCIONAL DE PAVIMENTOS AERONÁUTICOS	119
4.1	Introdução.....	119
4.2	Coeficiente de atrito	120
4.2.1	Definição	120
4.2.2	Atrito vs condições de operação	120
4.2.3	Mecanismos de atrito.....	125
4.2.4	Fatores condicionantes do atrito	127
4.2.5	Importância do atrito	127
4.2.6	Hidroplanagem	128
4.2.7	Medição	134
4.2.8	Níveis.....	146
4.2.9	Ensaio.....	149
4.2.10	Avaliação de resultados e publicação de valores.....	160
4.2.11	Ações a desenvolver de acordo com a proposta da EASA.....	168
4.3	Textura	169
4.3.1	Definição	169
4.3.2	Tipos de textura	169
4.3.3	Fatores condicionantes da textura.....	172
4.3.4	Medição da textura	173
4.3.5	Níveis.....	176
4.3.6	Ensaio.....	180
4.3.7	Avaliação de resultados e ações a desenvolver	183
4.3.8	Considerações relativas à textura da proposta de emenda do Anexo 14.	184
4.3.9	Texturização - benefícios e problemas	185
4.3.10	Processos de texturização durante a construção	186
4.3.11	Processos de texturização de pavimentos em serviço	188
4.4	Irregularidade	194
4.4.1	Definições	194

4.4.2	Fatores de incomodidade	196
4.4.3	Medição da irregularidade	197
4.4.4	Níveis de irregularidade.....	202
4.4.5	Ensaio de medição da irregularidade	206
4.4.6	Avaliação de resultados e ações a desenvolver	208
4.5	Contaminação.....	209
4.5.1	Água	210
4.5.2	Neve e gelo	211
4.5.3	Borracha.....	211
4.5.4	Óleo, combustível e outros contaminantes	214
4.5.5	Debris	215
5	PROPOSTA DO MÉTODO E APLICAÇÃO AOS ESTUDOS DE CASO	223
5.1	Introdução.....	223
5.2	Método	223
5.3	Variáveis do estudo	224
5.4	Hipóteses	225
5.5	População alvo	226
5.6	Crítérios de inclusão.....	226
5.7	Amostra	226
5.8	Análise dos dados e métodos estatísticos	228
5.9	Procedimentos	231
5.9.1	Recolha de dados	231
5.9.2	Inspeções visuais	233
5.9.3	Caracterização do atrito	233
5.9.4	Caracterização da textura.....	235
5.9.5	Caracterização da irregularidade	236
5.9.6	Contaminação	236
5.10	Aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso	236
6	DISCUSSÃO DOS ESTUDOS DE CASO	237
6.1	Comparação de estudos de caso	238
6.1.1	Pistas mais problemáticas.....	238
6.2	Análise comparativa	242
6.3	Conclusões dos estudos de caso	245
6.3.1	H1	246

6.3.2	H2	248
6.3.3	H3	250
6.3.4	H4	251
6.3.5	H5	253
6.3.6	H4+H5	256
6.4	Previsão de resultados	259
6.4.1	Pista 10/28 do Aeroporto de Faro.....	259
6.4.2	Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa	260
6.4.3	Pista 01L/19R da Base Aérea de Beja	260
6.4.4	Pista 01/19 da Base Aérea de Monte Real.....	262
6.4.5	Pista 01/19 da Base Aérea do Montijo	262
6.4.6	Pista 18/36 do Aeródromo de Manobra de Ovar, antes da limpeza	263
6.5	Ilações.....	264
6.6	Diretrizes para avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos.....	267
7	CONCLUSÕES.....	269
7.1	Informações obtidas	269
7.2	Concretização dos objetivos.....	269
7.3	Contributos para o conhecimento.....	271
7.4	Limitações do estudo.....	272
7.5	Estudos a desenvolver	272
7.6	Considerações finais.....	273
	Referências bibliográficas.....	275
	Bibliografia	279
	ANEXO A.....	291
	ANEXO B.....	295
	ANEXO C.....	303
	ANEXO D.....	311
	ANEXO E.....	331
	ANEXO F	577
	ANEXO G	581
	ANEXO H	593

Índice de Figuras

Figura 1 – Programa de manutenção de pavimentos aeronáuticos	38
Figura 2 – Diagrama de atuação sobre a condição funcional	39
Figura 3 – Operações de aeronaves mundiais entre 1990 e 2009	47
Figura 4 – Acidentes mundiais fatais (%) e números de vítimas mortais de 1959 a 2009	48
Figura 5 – Acidentes fatais mundiais por fase de voo entre 2000 e 2009	49
Figura 6 – Runway confusion	51
Figura 7 – Runway incursion	52
Figura 8 – Runway excursion	54
Figura 9 – Grooving da pista de Congonhas	55
Figura 10 – Acidentes em aterragens e descolagens	58
Figura 11 – Acidentes mundiais entre 1998 e 2008	60
Figura 12 – Acidentes europeus (EU27+4) entre 1998 e 2008	60
Figura 13 – Acidentes mundiais, com vítimas mortais, entre 1998 e 2008	61
Figura 14 – Acidentes europeus com vítimas mortais, entre 1998 e 2008	61
Figura 15 – Tabela de distância de aterragem, sem reverse	72
Figura 16 – Tabela de distância de aterragem, com reverse	73
Figura 17 – Tabela de CRFI	74
Figura 18 – Tabela de avaliação de uma pista pavimentada da TALPA ARC	76
Figura 19 – Diagrama dos procedimentos para harmonização	79
Figura 20 - Valor de Serviço Atual	87
Figura 21 – PCI	116
Figura 22 - Força de resistência, roda em movimento, superfície seca	121
Figura 23 - Forças e momentos de resistência, roda em travagem, superfície seca	122
Figura 24 - Coeficiente de atrito vs. taxa de derrapagem	123
Figura 25 - Diagrama de forças atuantes num veículo	124
Figura 26 - Força de travagem (Fx) e força lateral (Fy) vs. derrapagem	125
Figura 27 - Principais componentes do atrito em pistas pavimentadas	125
Figura 28 - Principais componentes do atrito em pistas não pavimentadas	126
Figura 29 – Aderência, histerese e desgaste em função da superfície da pista	127
Figura 30 – Variação do atrito com a velocidade em pista seca e molhada	128
Figura 31 – Pneu após uma hidroplanagem por desvulcanização	131
Figura 32 – Três zonas de contacto, quatro fases de hidroplanagem	134

Figura 33 – Equipamento <i>Mu-meter</i>	140
Figura 34 - Equipamento <i>Skiddometer</i>	141
Figura 35 - Equipamento ASFT.....	142
Figura 36 - Equipamento RSFT.....	143
Figura 37 – Equipamento TATRA	144
Figura 38 – Equipamento <i>Griptester</i>	145
Figura 39 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso I.....	156
Figura 40 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso II.....	157
Figura 41 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso III	158
Figura 42 - Diagrama de médias móveis	163
Figura 43 - Micro e macrotextura	170
Figura 44 - Intervalos de textura.....	171
Figura 45 - Dipstick	199
Figura 46 - Perfilómetro Califórnia	199
Figura 47 - Road Meter.....	200
Figura 48 - Perfilómetro inercial.....	201
Figura 49 – Perfilómetro laser	201
Figura 50 - Boletim de avaliação PSR.....	204
Figura 51 - Escala de IRI	205
Figura 52 – Exemplos de Debris.....	216
Figura 53 – Acidente do Concord.....	216
Figura 54 – Sensibilização sobre o problema dos <i>debris</i>	219
Figura 55 – Fluxograma para escolha de testes estatísticos.....	229
Figura 56 – Tabela para escolha de testes estatísticos	230
Figura 57 – Distribuição dos estudos de caso no território nacional	237
Figura 58 – Coeficientes de atrito: <i>Griptester</i> vs. ASFT	242
Figura 59 – Dados destinados ao teste das hipóteses, referentes ao primeiro objetivo	245
Figura 60 – Dados destinados ao teste das hipóteses, referentes ao segundo objetivo.....	246
Figura 61 – Teste t para a H1	247
Figura 62 – Gráfico BoxPlots para a H1	248
Figura 63 – Teste de Fisher, para comparação de M com MMM a 65km/h; H2.....	249
Figura 64 – Teste de Fisher, para comparação de M com MMM a 95km/h; H2.....	250
Figura 65 – Exemplo de parte de diagrama de médias móveis.....	251
Figura 66 – Correlação de Spearman, atrito antes e após limpeza, a 65km/h	252

Figura 67 – Correlação de Pearson, atrito antes e após limpeza, a 65km/h.....	252
Figura 68 – Correlação de Spearman, atrito antes e após limpeza, a 95km/h	253
Figura 69 – Correlação de Pearson, atrito antes e após limpeza, a 95km/h.....	254
Figura 70 – Regressão linear, atrito antes e após limpeza, a ambas as velocidades	255
Figura 71 – Teste de Spearman, atrito antes e após limpeza, a ambas as velocidades	257
Figura 72 – Regressão linear, atrito antes e após limpeza, todos os dados.....	258
Figura 73 – Alterações do atrito da Pista 10/28 de Faro, esperados após a limpeza	259
Figura 74 – Alterações do atrito da Pista 03/21 de Faro, esperados após a limpeza	260
Figura 75 – Alterações do atrito da Pista 01L/19R da BA11, esperados após a limpeza	261
Figura 76 – Alterações do atrito da Pista 01L/19R de Beja, esperados após a limpeza	261
Figura 77 – Alterações do atrito da Pista 01/19 da BA5, esperados após a limpeza	262
Figura 78 – Alterações do atrito da Pista 01/19 da BA6, esperados após a limpeza	262
Figura 79 – Estimativas dos valores de atrito da Pista 18/36 do AM1 antes da limpeza	263
Figura 80 – Valores médios de atrito da Pista 18/36 do AM1 antes da limpeza	263

Índice de Quadros

Quadro 1 - Patologias de pavimentos	90
Quadro 2 - Classificação relativamente ao coeficiente de atrito.....	167
Quadro 3 - Fatores condicionantes da macro e microtextura	173
Quadro 4 - Classificação relativamente à textura	177

Índice de Tabelas

Tabela 1. Distribuição dos fatores de risco de <i>overrun</i> durante a aterragem	59
Tabela 2. Atrito em pistas contaminadas com neve ou gelo	67
Tabela 3. Número de amostras por zona	88
Tabela 4. Intervalo máximo admissível entre campanhas de avaliação do atrito	136
Tabela 5. Valores do coeficiente de atrito	148
Tabela 6. Classificação da microtextura	149
Tabela 7. Intervalos de textura	176
Tabela 8. Classificação da macrotextura	178
Tabela 9. Valores de IFI a 60km/h	180
Tabela 10. Classificação de Textura ESDU	185
Tabela 11. Irregularidade	194
Tabela 12. Níveis de irregularidade	203
Tabela 13. Características da amostra	227
Tabela 14. Graus de significância	229
Tabela 15. Patamares de atrito dos diferentes equipamentos	234

Lista de abreviaturas

AASHO - American Association of State Highway Officials

ADM - Aerodrome Design Manual

AIP – Aeronautical Information Publication

AM1 - Aeródromo de Manobra n.º1

ANA – Aeroportos e Navegação Aérea

ANAM - Aeroportos e Navegação Aérea da Madeira

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil do Brasil

ASM - Airport Service Manual

ASTM – American Society for Testing and Materials

A13 – Anexo 13

A14 – Anexo 14

CGTA – Centro de Gestão do Tráfego Aéreo

CIMFA - Centro de Informação Meteorológica da Força Aérea

COFA – Comando Operacional da Força Aérea

CP40 - Coefficient de Planéité 40

CRFI – Canadian Runway Friction Index

DGAC - Direction Générale de l’Aviation Civile

DI – Direção de Infraestruturas (da FAP)

EASA - European Aviation Safety Agency

ECS - European Committee for Standardization

ERD - Electronic Recording Decelerometer

ESDU - Engineering Sciences Data Unit

FAA - Federal Aviation Administration

FAP - Força Aérea Portuguesa

FOD – Foreign Object Damage

FSF - Flight Safety Foundation

FTF – Friction Task Force

IATA - International Air Transport Association

ICAO - International Civil Aviation Organization

IFALPA - International Federation of Airline Pilots' Associations

IFI - International Friction Index

IM – Instituto de Meteorologia

INAC - Instituto Nacional de Aviação Civil
INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
IRFI - International Runway Friction Index
IRI - International Roughness Index
JWRFMP - Joint Winter Runway Friction Measurement Program
LD - Landing
LDA - Landing Distance Available
LDE – Landing Excursions
LVC – Levantamento Visual Contínuo
MM - Média Móvel
MOPTC – Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicação
MPD - Mean Profile Depth
MPRI – Manual on the Prevention of Runway Incursions
MTD - Mean Texture Depth
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NCHRP - National Cooperative Highway Research Program
NLR - Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium, National Aerospace Laboratory
NLR/ATSI - NLR Air Transport Safety Institute
NMAN - Nível de Manutenção
NMIN - Nível Mínimo
NOTAM – Notice To Airmen
NPROJ - Nível de Projeto
PIARC - Permanent International Association of Road
PIREPs – Pilot Reports
PCI – Pavement Condition Index
PRODEC - Programa Doutoral em Engenharia Civil
PSR - Pavement Service Rate
PTV - Pendulum Test Value
RE - Runway Excursion
REA – Repartição de Engenharia de Aeródromos (da FAP)
RFT - Runway Friction Tester
RSI - Runway Safety Initiative
RuFAB – Runway Friction characteristics measurement and Aircraft Braking
SAS - Scandinavian Airlines

SFT - Surface Friction Tester

SMS - Safety Management System

SPQ - Sistema Português da Qualidade

TALPA/ARC- Takeoff And Landing Performance Assessment/Aviation Rulemaking
Committée

TC – Transport Canada

TO - Take-Off

TODA – Take-Off Distance Available

TOE - Take-Off Excursions

UNDS - Undershooting

VO - Veer-Off

VSA - Valor de Serviço Atual

WAAS - World Aircraft Accident Summary

UKCAA - United Kingdom Civil Aviation Authority

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento/motivação/interesse

O desenvolvimento de atividades na área operacional e de projeto ocupa a maior parte do tempo dos engenheiros responsáveis por infraestruturas aeronáuticas, contudo, a segurança operacional *safety* nunca deve sair da esfera das suas preocupações. Principalmente no respeitante aos problemas que podem advir da condição superficial dos pavimentos aeronáuticos.

Segundo a *International Civil Aviation Organization* ICAO¹ o pavimento de uma pista deverá ser considerado como um todo. O pavimento deve obedecer aos seguintes requisitos: capacidade de carga adequada, boas condições de condução (controlo direcional) e boas características de atrito. O primeiro requisito relaciona-se com a estrutura do pavimento, o segundo com a geometria do pavimento e o terceiro com a superfície do pavimento. Para a satisfação dos requisitos operacionais os três são fundamentais, no entanto, sob o ponto de vista operacional, na medida que tem um impacto direto na segurança das operações, a ICAO² considera que o terceiro é o mais importante.

Das estatísticas relativas aos acidentes aéreos observa-se que grande percentagem ocorre devido ao fenómeno de *Runway excursion*. Este fenómeno muitas vezes acontece devido a uma condição superficial deficiente. O “*reporte*” de ocorrências por parte de pilotos, a sua preocupação, e os problemas que se colocam aos engenheiros na determinação dos coeficientes de atrito, quando associados às potenciais consequências de deficiências afetas à condição superficial dos pavimentos aeronáuticos, levam a que o interesse no estudo destas questões se revista da maior importância e constitua uma das maiores motivações do trabalho de um engenheiro.

A condição estrutural dos pavimentos aeronáuticos tem sido muito estudada, porque dela depende diretamente a carga que se pode transmitir ao pavimento, e desta, o lucro obtido da utilização da pista; em contrapartida, a condição superficial, não tem sido alvo de tanta atenção apesar de dela dependerem diretamente vidas humanas. Daí o interesse no aprofundamento do conhecimento e investigação do tema, com o intuito de proporcionar

¹ ICAO ADM Part 3, 1983, pág. 3-204

² ICAO ADM Part 3, 1983, pág. 3-205

contributos válidos, de procurar as razões que estão na origem dos problemas e de se desenvolverem metodologias para minimizar, dentro do possível, os problemas, com a finalidade de diminuir a frequência de acidentes.

É fundamental poder oferecer: (1) aos utilizadores das infraestruturas aeronáuticas, uma explicação do problema; (2) aos operadores, a justificação e premência da implementação de sistemas de caracterização da condição funcional dos pavimentos aeronáuticos (3) ao regulador, enfatizar a importância das medidas a tomar e consequências dessas medidas na segurança das operações de voo.

1.2 Enquadramento legal – Necessidades e obrigações

Para além das necessidades de caracterização e reporte da condição funcional dos pavimentos aeronáuticos há ainda a questão legal.

Portugal como país membro da *International Civil Aviation Organization* (ICAO), desde 1947 (aprovação da Convenção sobre a Aviação Civil Internacional pelo Decreto-Lei n.º 36158, de 17 de fevereiro de 1947), assumiu o compromisso do respeito do disposto nos Anexos a esta Convenção e demais documentação complementar elaborada por esta organização. Relativamente às infraestruturas aeronáuticas o anexo mais relevante é o 14³ (volumes 1 e 2, referentes a aeródromos e a heliportos respetivamente); quanto a demais documentação destacam-se os DOC 9137 *Airport Service Manual - Part 2 – Pavement Surface Conditions*⁴ e DOC 9157 *Aerodrome Design Manual - Part 3 – Pavements*⁵.

Na inexistência de legislação nacional a determinar esse carácter de obrigatoriedade, bem como regime sancionatório, no caso de incumprimento, surgiu no ano de 2007 um Decreto-lei que obriga ao cumprimento do disposto no Anexo 14. O Decreto-Lei 186/2007 de 10 de maio, com a redação atual que lhe é conferida pelo Decreto-Lei 55/2010 de 31 de maio⁶, refere-se à certificação de aeródromos, determina que deverão ser respeitados os requisitos obrigatórios do Anexo 14. Quanto aos requisitos opcionais remete para o definido em regulamentação complementar.

³ ICAO, A14, 2009

⁴ ICAO, ASM, Part 2, 2002

⁵ ICAO, ADM, Part 3, 1983

⁶ MTOPC, DL 55/2010, 2010

A regulamentação encontra-se, de momento, em fase de elaboração. No que respeita à condição funcional dos pavimentos aeronáuticos, decorrente do disposto no Decreto-lei 186/2007 e do disposto no Anexo 14, a regulamentação é de carácter obrigatório. O regulador, o Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC), está a elaborar o regulamento sobre a condição funcional dos pavimentos aeronáuticos. Como a matéria é vasta, parte da mesma não é passível de regulamentação, então complementarmente, o INAC está a elaborar um Manual sobre a Condição Funcional. Para além dos contributos de outras entidades com competência na matéria, quer o manual, quer o regulamento, contarão com o contributo das diretrizes resultantes deste trabalho de investigação.

Relativamente aos pavimentos aeronáuticos e mais especificamente à sua manutenção o Anexo14 estabelece obrigações e recomendações. O capítulo 10 do Anexo 14⁷ (Manutenção do aeródromo) recomenda a realização de um programa de manutenção destinado à manutenção da condição das infraestruturas de forma a preservar a segurança operacional, a regularidade e a eficiência das operações e que, caso apropriado, inclua a manutenção preventiva, conforme definido no ponto 10.1⁸.

No ponto 10.2⁹, o Anexo 14, aponta para a obrigatoriedade de que todos os pavimentos da área de movimento (pistas, caminhos de circulação e placas) sejam inspecionados, com uma frequência tal, que permita que sejam evitados e eliminados os *debris* (10.2.1). O mesmo ponto também obriga a que a superfície da pista seja mantida de forma a prevenir a manifestação de irregularidades nocivas à operação (10.2.2) e à obrigatoriedade de medição periódica das características de atrito da superfície da pista (10.2.3) e adoção de medidas corretivas caso os valores de atrito estejam abaixo dos valores mínimos estabelecidos pela autoridade aeronáutica (10.2.4)¹⁰. O mesmo ponto contém ainda diversas recomendações sobre o atrito e a limpeza dos pavimentos. Assim, de uma forma esquemática, conforme apresentado na Figura 1, aquilo que o gestor de um pavimento aeronáutico deve fazer é um programa de manutenção, no qual a avaliação funcional é fundamental e consiste no primeiro passo. O segundo será o traçado das ações a desenvolver. O terceiro, já num estágio mais avançado e muito mais relacionado com a gestão do pavimento, será a elaboração de um programa de manutenção preventiva. Este programa, para além de lhe permitir garantir a

⁷ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1 a 10-5

⁸ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1

⁹ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1

¹⁰ ICAO, A14, 2009, pág. 10-2

conformidade da condição dos pavimentos, ainda lhe permitirá estabelecer, adequadamente, a programação orçamental.



Figura 1 – Programa de manutenção de pavimentos aeronáuticos

O presente trabalho de investigação incide particularmente na avaliação funcional, que compreende as etapas apresentadas no esquema da Figura 2, e na proposta de algumas medidas a adotar em conformidade com os resultados da avaliação funcional. Estas duas fases relacionam-se intrinsecamente com a segurança operacional. O desenho dos programas de manutenção preventiva será uma fase a desenvolver posteriormente quando as atividades de avaliação funcional, da aplicação de medidas e de monitorização dos resultados já constituírem uma prática instituída nas infraestruturas aeronáuticas nacionais.

A avaliação funcional, tal como a Figura 2 permite visualizar, passará: (1) pelo diagnóstico e (2) pela caracterização funcional do pavimento. O diagnóstico consistirá: na recolha e condensação de informação, seguida da campanha de auscultação e culminará com o registo e a classificação das principais patologias do pavimento. A caracterização funcional consistirá:

(1) na caracterização dos parâmetros fundamentais: atrito; textura; irregularidade e contaminação e (2) na sua comparação com os valores de referência.

As medidas a adotar passarão (1) pelo desenvolvimento de ações corretivas caso necessário; (2) pelo desenvolvimento de ações preventivas, caso pertinente; (3) pelo desenvolvimento de ações de manutenção corrente e (4) pela publicação de informações relevantes para toda a comunidade aeronáutica.

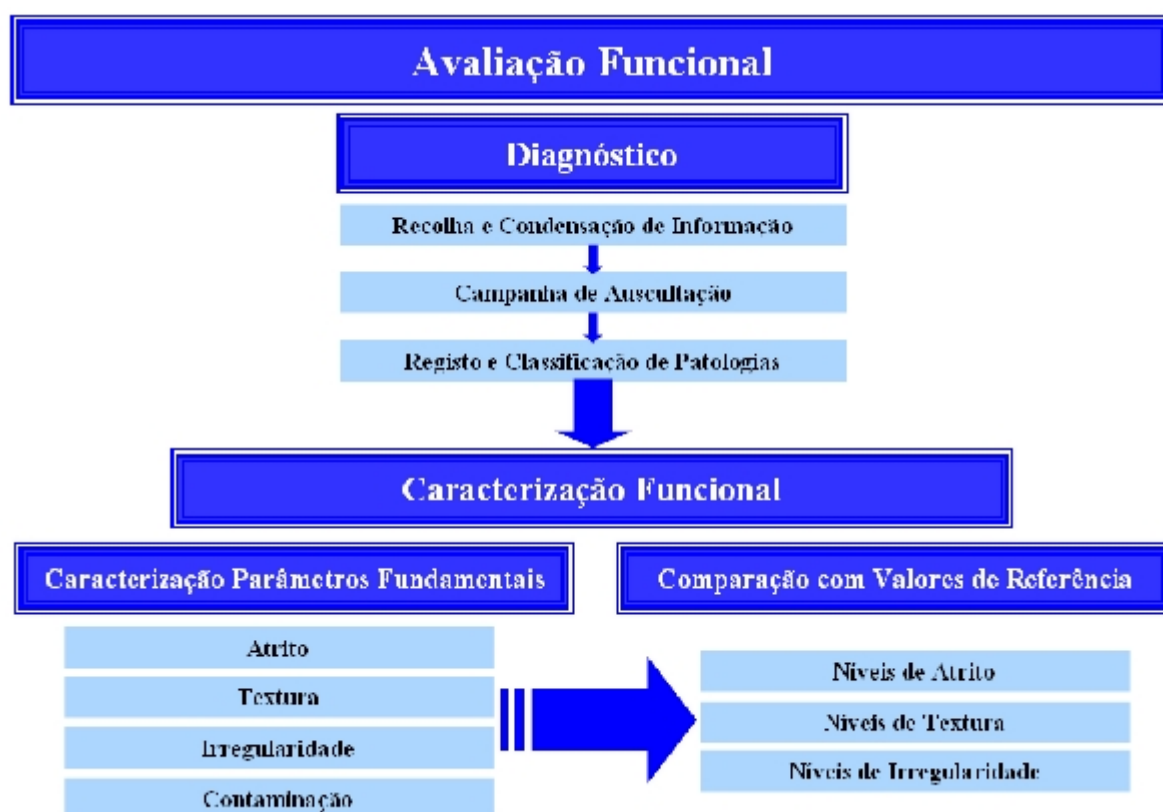


Figura 2 – Diagrama de atuação sobre a condição funcional

1.3 Problema

A situação problemática que esteve na origem deste trabalho é saber se os dados que se publicam relativamente à condição funcional dos pavimentos das pistas aeronáuticas favorecem a segurança operacional, *safety*.

1.4 Pergunta de investigação

A revisão do corpo de conhecimentos sobre os aspetos que foram focados, e a experiência profissional da autora deste estudo, permitiu considerar que existe um conjunto de

conhecimentos acerca dos métodos de avaliação funcional dos pavimentos de pistas aeronáuticas. A evolução conceptual e técnica relativamente aos métodos de avaliação funcional faz surgir a possibilidade de uma nova abordagem mais direccionada para aspetos específicos que permitem melhorar a segurança operacional das pistas aeronáuticas.

Todos estes aspetos visam contribuir para melhorar a segurança operacional que é um constructo multidimensional de difícil avaliação, porém, os conceitos de atrito e contaminação são constructos estáveis, que fazem parte das características funcionais das pistas aeronáuticas, e que transversalmente contribuem para a segurança operacional. Considerou-se por isso importante determinar a relação existente entre as avaliações do atrito em função de dois métodos diferentes, e constatar em que medida a contaminação das pistas interfere com a segurança.

Com base nestas reflexões as questões de investigação que serviram de fio condutor para guiar este estudo foram:

- Em que medida a classificação do atrito em função do valor médio por terço ou em função dos valores mínimos das médias móveis por terço, enquanto dispositivo de caracterização funcional das pistas pode contribuir para a segurança operacional?
- Em que medida a contaminação da pista pode afetar a segurança operacional?

1.5 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é conceber diretrizes para o planeamento, realização e avaliação de campanhas destinadas a avaliar funcionalmente os pavimentos aeronáuticos de forma a maximizar a segurança operacional, isto é a *safety*.

De forma mais pormenorizada visa detalhar: (1) as fases a seguir durante o diagnóstico de pavimentos aeronáuticos; (2) as fases a seguir, em campanhas de avaliação de parâmetros fundamentais para a caracterização funcional de coeficiente de atrito, textura, irregularidade e contaminação; (3) estabelecer valores limites de cada um desses parâmetros que permitam garantir a segurança durante a operação de aeronaves; (4) e ainda propor medidas a desenvolver em conformidade com os resultados obtidos.

Os objetivos específicos são:

- Comparar dois métodos de classificação do coeficiente de atrito: um em função do cálculo do valor médio por terço, outro em função do cálculo do valor mínimo da

média móvel por terço, tendo em vista identificar qual o mais conservativo, isto é, aquele que mais favorece a segurança das operações das aeronaves na pista;

- Identificar a interação entre a contaminação da pista e os valores obtidos nas avaliações do coeficiente de atrito a duas velocidades diferentes: 65 e 95km/h.

1.6 Metodologia

A finalidade deste estudo é a realização de uma investigação aplicada ou prática, dedicada à resolução de um problema concreto. A profundidade de investigação¹¹ é: (1) descritiva, na medida em que descreve um fenómeno, identifica variáveis e inventaria factos; (2) correlacional, na medida em que relaciona efeitos de variáveis; aprecia interações e (3) experimental, na medida em que os testes especificamente realizados procuram relações causais e o estabelecimento de leis. De forma a poder explicar e prever fenómenos será necessário um sistema de relações contrastados mediante dados empíricos, isto é, uma teoria, que é o que se pretende alcançar com a aplicação prática das diretrizes propostas. A teoria engloba: (1) conceitos ou variáveis, que descrevam fenómenos; (2) relações, entre conceitos ou variáveis; (3) explicações, fenómenos e suas relações e (4) predições.

A teoria irá: (1) permitir a obtenção de um sentido global acerca do que é conhecido sobre fenómenos dispersos; (2) simplificar uma multiplicidade de dados através da consideração dos seus aspetos mais pertinentes e (3) manter a tensão inerente ao teste de novas hipóteses.

Visando a caracterização das taxonomias de investigação utilizadas, os critérios poderão estruturar-se segundo: profundidade e metodologia.

Quanto à profundidade esta investigação é eminentemente correlacional, na medida em que procura conhecer os graus de força das relações entre variáveis que possibilitam a compreensão e a predição dos fenómenos. De entre os tipos de estudos correlacionais, este enquadra-se nos de verificação de modelo causal hipotético.

As correlações são as expressões estatísticas que traduzem a relação entre as variáveis, sem que se possa afirmar que uma variável causa a outra, as variáveis não são manipuladas, são examinadas como se apresentam, a única manipulação consiste na especificidade das

¹¹ Almeida e Freire, 2000, pág. 20

variáveis escolhidas, elas são escolhidas face a um quadro teórico e em função da mudança que podem exercer umas sobre as outras. Este estudo comporta a formulação de hipóteses quanto à natureza das relações esperadas entre as variáveis.¹² E contribui para o desenvolvimento da teoria.

Quanto à metodologia esta investigação é quantitativa, de campo, procura leis gerais (nomotética) é transversal mas também longitudinal¹³, uma vez que em alguns casos se fizeram observações num dado momento e noutros se fizeram observações em diferentes momentos ao longo do estudo.

1.7 Estrutura

Em seguida descreve-se a organização da tese, que foi formatada de acordo com as Normas para apresentação de dissertações da FEUP¹⁴ e que está dividida em 7 capítulos.

O primeiro capítulo consiste numa breve justificação da escolha do tema, relacionando-o com a necessidade de realizar campanhas de avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos e sua contribuição para a segurança operacional. Inclui os objetivos, a metodologia e estrutura do estudo.

O segundo capítulo faz uma síntese da revisão bibliográfica realizada a qual deu origem à análise crítica que fundamenta a necessidade deste estudo e o enquadramento e delimitação do problema. Faz uma retrospectiva da evolução da aviação, dos acidentes aeronáuticos, descreve o conceito de segurança operacional *safety* e os principais incidentes/acidentes que podem ocorrer na pista. Apresenta o testemunho de utilizadores, que tendo experienciado problemas nas pistas, alertaram para a necessidade do desenvolvimento de um estudo deste tipo. Apresenta três estudos realizados por organizações internacionais sobre um tipo particular de acidente de pista a saída de pista *runway excursion*. Faz o enquadramento legal da problemática referindo as necessidades e obrigações relacionadas com o tema. Finalmente faz-se uma resenha do estado da arte da matéria, no setor, em Portugal, na Europa e no mundo, apresentando as cinco iniciativas principais em curso.

¹² Fortin, 2000, pág. 178

¹³ Almeida e Freire, 2000, pág. 85

¹⁴ Matos, 1994

O terceiro capítulo versa sobre a fase de diagnóstico de pavimentos aeronáuticos, estruturando e sintetizando as etapas a desenvolver durante essa fase.

O quarto capítulo versa sobre os parâmetros fundamentais para a caracterização funcional de pavimentos aeronáuticos. Começa por identificar e caracterizar os parâmetros fundamentais a quantificar para a obtenção de uma avaliação da condição funcional de um pavimento aeronáutico. Explica o que são esses parâmetros, quais as suas influências nas condições do pavimento e quais os fatores de que dependem. Seguidamente detalha as fases a percorrer durante as campanhas de avaliação de cada um desses parâmetros e os níveis de cada um desses parâmetros, com os quais se deverão comparar os valores obtidos durante as campanhas, para a atribuição de uma classificação destinada, ou não, a posterior publicação em sede de informação aeronáutica para divulgação a toda a comunidade aeronáutica.

O quinto capítulo versa sobre o método de investigação utilizado, referindo quais as variáveis em estudo, as hipóteses admitidas, a população, os critérios de inclusão e a amostra, ou seja como é que foram selecionados os estudos de caso. Explica ainda como é que se faz a análise dos dados, quais os métodos estatísticos utilizados e resume os procedimentos utilizados nos estudos de caso, sobre a recolha de dados, sobre as inspeções visuais, sobre a caracterização do atrito, sobre a caracterização da textura, sobre a caracterização da irregularidade e sobre a contaminação. Finalmente refere como é que se fez a aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso selecionados.

O sexto capítulo consiste na discussão dos resultados dos estudos de caso. De forma a permitir validar as diretrizes propostas e a estabelecer correlações entre as variáveis em estudo, ou entre os parâmetros caracterizados. Este capítulo faz um resumo sobre as pistas mais problemáticas, desenha um mapa comparativo com os resultados de todos os parâmetros/índices de todos os estudos de caso e identifica as principais diferenças. Posteriormente apresenta os resultados das aplicações dos procedimentos estatísticos aos dados dos estudos de caso, para validação das hipóteses, consecução dos objetivos principais do estudo e daí retira as ilações principais.

O sétimo capítulo, as conclusões, faz a síntese do trabalho desenvolvido. Apresenta as principais conclusões obtidas, avalia a concretização dos objetivos, refere as limitações e identifica estudos a desenvolver no futuro.

Após as conclusões apresentam-se as referências bibliográficas e a bibliografia, que enquadram e sustentam este estudo de investigação.

Foi revertido para Anexo A, o questionário realizado aos pilotos para conhecimento da sua percepção sobre as infraestruturas utilizadas e as suas opiniões sobre as causas do problema identificado no Aeródromo de Manobra n.º1 (AM1) em Ovar.

O Anexo B é a carta que foi dirigida aos operadores a solicitar a disponibilização de informação e o consentimento para a utilização da mesma neste trabalho de investigação.

O Anexo C consiste num programa para as campanhas de avaliação do atrito em contínuo.

O Anexo D consiste num conjunto de formulários para preenchimento aquando das avaliações funcionais das pistas, para cálculo do Valor de Serviço Atual (VSA), para a realização do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha, para a realização do ensaio do Pêndulo Britânico, para classificação dos coeficientes de atrito, obtidos a partir dos valores dos coeficientes de atrito avaliados em contínuo, a duas velocidades 65km/h e 95km/h, com o *Griptester* e com o ASFT, e ainda dois formulários destinados ao cálculo do IFI combinando os valores obtidos a partir da realização do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha e do *Griptester* e a partir da realização do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha e do Pêndulo Britânico.

O Anexo E consiste na aplicação das diretrizes de propostas através da avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos das pistas de todos os aeroportos e de todas as bases aéreas do país, com exceção do Aeroporto/Base Aérea das Lajes e ainda na avaliação de dois aeródromos civis e de um aeródromo de manobra, perfazendo na totalidade 16 pistas, dos aeroportos de Faro, Lisboa, Madeira, Ponta Delgada, Porto, Porto Santo, Santa Maria, das bases aéreas de Beja, Monte Real, Montijo, dos aeródromos das Flores e da Horta e do Aeródromo de Manobra de Ovar.

O Anexo F consiste num mapa resumo das características de cada uma das pistas estudadas.

O Anexo G consiste na listagem dos resultados dos testes estatísticos obtidos com o programa R-Statistic.

O Anexo H é uma separata que condensa os resultados desta investigação e constitui uma proposta de diretrizes a implementar na avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos.

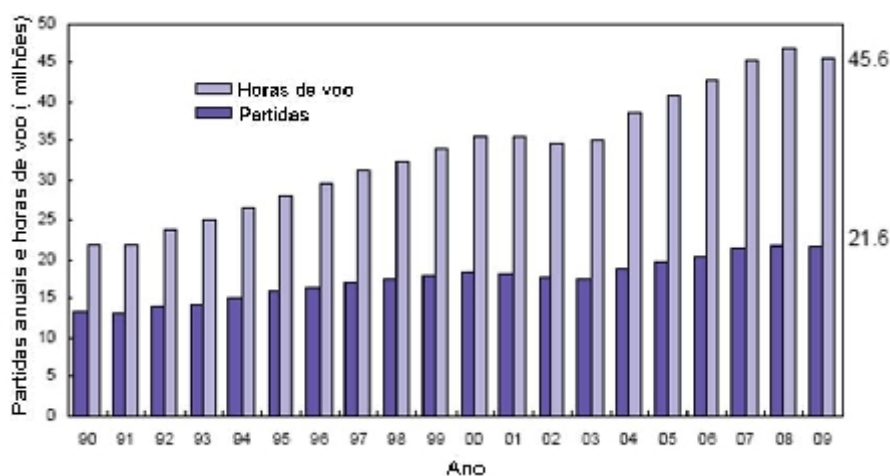
2 ANÁLISE CRÍTICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Este capítulo faz uma breve retrospectiva da evolução da aviação e oferece uma abordagem da problemática dos acidentes de aviação, enquadrando a influência dos pavimentos aeronáuticos na probabilidade de ocorrência de acidentes/incidentes. Também faz o enquadramento legal das necessidades e obrigações da realização da avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos.

O tráfego de aeronaves experimentou um crescimento exponencial desde os primórdios da aviação até ao ano de 2001. Os ataques de 11 de setembro repercutiram-se de tal forma que, quer nesse mesmo ano quer nos dois seguintes, se reduziram, relativamente ao ano de 2000, o número de partidas e o número de horas de voo. A partir de 2003 os valores começaram a crescer novamente mas apenas retomaram a sua tendência de crescimento a partir do ano de 2004. A crise do *subprime*, desencadeada em 2006, revelada ao público em 2007 e que atingiu o auge no verão de 2008 (considerada por diversos economistas a mais grave desde 1929) desencadeou para além dos problemas associados ao crédito e à desaceleração económica, o decréscimo do consumo, as flutuações no preço dos combustíveis e das taxas de câmbio e consequentemente novo decréscimo no tráfego aéreo.

Ainda assim, no final de 2009, segundo as estatísticas da Boeing atingiram-se, em todo o mundo, 563.5 milhões de partidas e 993.5 milhões de horas de voo desde 1959.

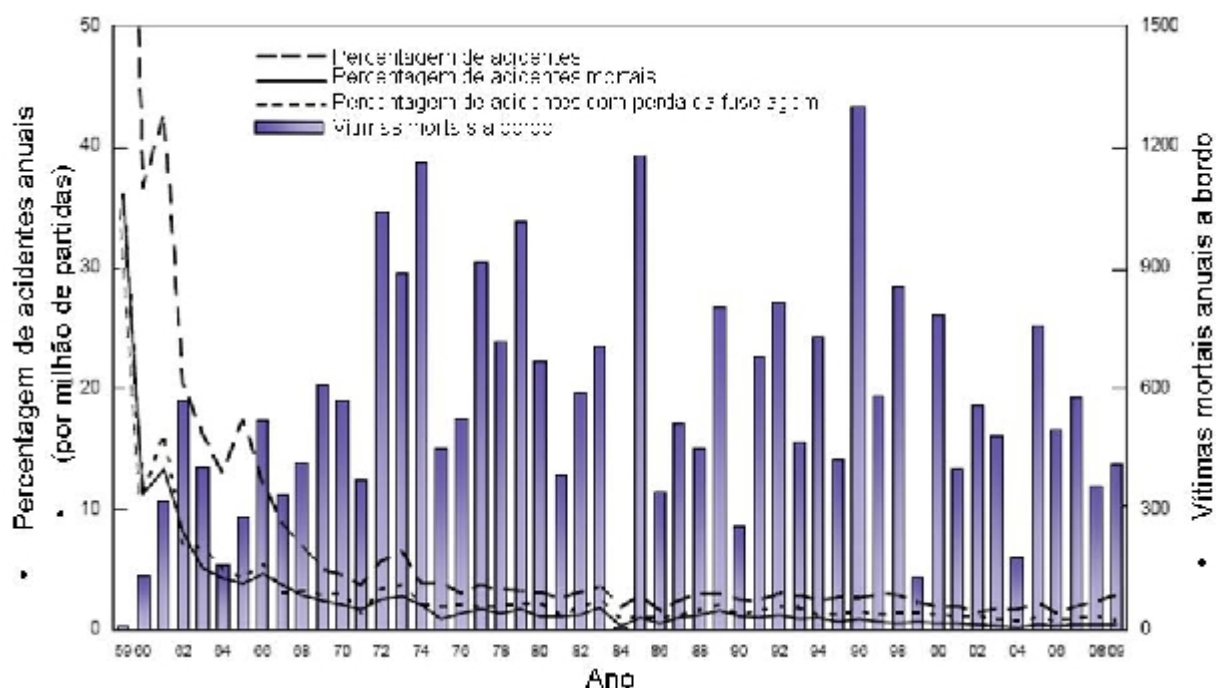


Fonte: Adaptado de www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf, 2010, pág.15, consultada a 21/12/2011

Figura 3 – Operações de aeronaves mundiais entre 1990 e 2009

Os acidentes aeronáuticos podem resultar, no pior dos casos, na morte ou lesão de pessoas (a bordo da aeronave ou no solo) mas também resultam em danos ou perda das aeronaves, em danos ou perdas de outros veículos, em danos ou destruição de infraestruturas, e num sem número de consequências na economia devidas ao decréscimo do número de movimentos decorrentes do medo de voar, dos atrasos e da perda de competitividade relativamente a outros meios de transporte.

Muito embora o número de acidentes por unidade de voo tenha decrescido ao longo do tempo, o número de vítimas mortais por ano tem variado sinusoidalmente, sem que se possa dizer que tenha reduzido. O fenómeno explica-se atendendo ao crescimento de tráfego e ao aumento de capacidade das aeronaves. No ano de 2009, aconteceram na aviação comercial de todo o mundo, 62 acidentes, com 413 vítimas mortais a bordo da aeronave e 2 vítimas mortais fora da aeronave.



Fonte: Adaptado www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf, 2010, pág.18, consultada a 21/12/2011

Figura 4 – Acidentes mundiais fatais (%) e números de vítimas mortais de 1959 a 2009

Segundo a ICAO, um acidente define-se, no caso de aeronaves tripuladas, como uma ocorrência associada à operação da aeronave, entre o momento em que qualquer pessoa embarca na aeronave com a intenção de voar até ao momento em que a pessoa desembarca, do qual resulta alguma vítima mortal; algum ferido grave; danos graves; falha estrutural da aeronave; desaparecimento e/ou inacessibilidade da aeronave. No tempo que medeia entre o

embarque do passageiro e o seu desembarque há 9 fases que se podem agrupar em 6 principais:

Circulação ou rolagem: da aeronave no solo, para aceder à pista aos caminhos de circulação ou às placas de estacionamento;

Descolagem e início da subida: na qual a aeronave acelera, descola da pista e começa a subir;

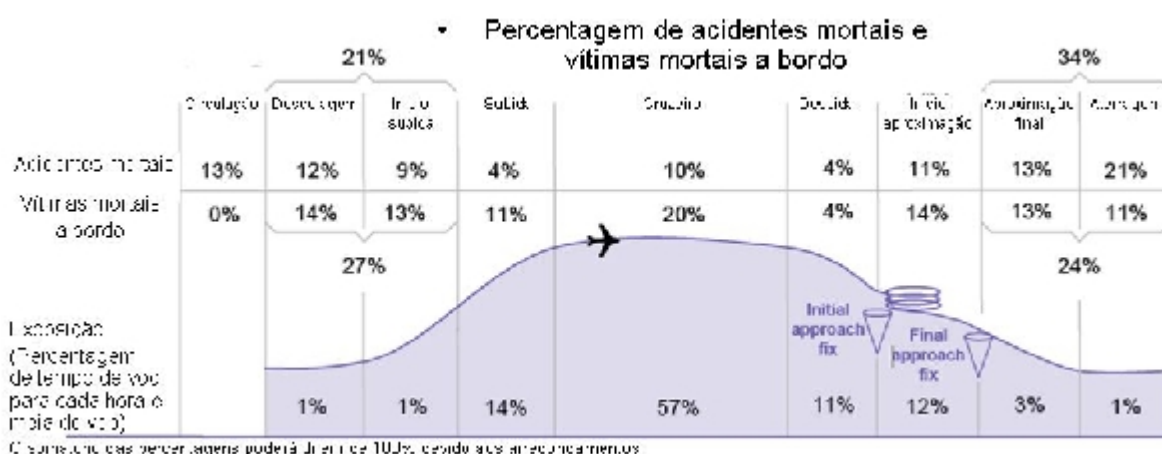
Subida: o piloto recolhe os *slats/flaps* e a aeronave sobe até atingir a altitude de cruzeiro;

Cruzeiro: a aeronave voa a uma altitude sensivelmente constante. Esta é normalmente a fase mais longa do voo, especialmente nos voos de longo curso;

Descida e início da aproximação: a aeronave desce e aproxima-se do aeroporto de chegada. O controlador dirige a operação e pode solicitar ao piloto que espere antes de lhe permitir o acesso à pista;

Aproximação final e aterragem: a aeronave, configurada para a aterragem, alinha com a pista, aproxima-se passando por cima da soleira, toca no solo e vai diminuindo a velocidade até parar ou até poder sair da pista através de um dos caminhos de circulação.

A Figura 5, construída com base nas estatísticas da Boeing, sobre acidentes de aeronaves comerciais a jato ocorridos em todo o mundo, entre 2000 e 2009, permite observar as fases de voo em que ocorrem, percentagem e número de vítimas mortais.



Fonte: www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf, 2010, pág.22, consultada a 21/12/2011

Figura 5 – Acidentes fatais mundiais por fase de voo entre 2000 e 2009

Grande parte dos acidentes ocorrem durante as partidas e as chegadas, nestas fases a proximidade entre a aeronave e o solo, bem como a maior vulnerabilidade da configuração da

aeronave, levam a que o piloto veja aumentada a sua carga de trabalho e reduzida a sua margem de manobra.

Segundo Stephans¹⁵, o conceito de *safety* remonta à década de 40/50, quando a complexidade das aeronaves e dos sistemas de armas, bem como as consequências dos acidentes deles resultantes começaram a deixar de ser menos aceitáveis entendeu-se também não serem aceitáveis os processos iterativos de ensaio e erro que se praticavam anteriormente, quando os problemas das aeronaves apenas se corrigem depois de terem sido detetados e de, normalmente, terem dado origem a acidentes. Foi então na década de 60, que os sistemas *safety* apareceram como disciplina independente definida¹⁶ como “*a disciplina que recorre sistematicamente a procedimentos de gestão e engenharia visando que os sistemas sejam seguros ao longo dos seus ciclos de vida*” para organizações com aeronaves e armas nucleares americanas tais como a USAF (United States Air Force); DOD (Department of Defense); NASA (National Aeronautical and Space Administration) e AEC (Atomic Energy Commission). Estas organizações desenvolveram programas de *safety* baseados na supervisão da gestão e na análise de risco, que se desenvolveram até à atual nova definição dos sistemas *safety*¹⁷: *a aplicação de princípios, critérios e técnicas de engenharia e gestão que otimizem a segurança atendendo aos constrangimentos da eficácia operacional, tempo e custo ao longo de todas as fases do ciclo de vida do sistema*” e que se baseia em cinco princípios fundamentais, característicos de qualquer sistema: a tarefa; as pessoas; os procedimentos; os meios e a envolvente.

A *safety* ou segurança operacional, se traduzida para a língua portuguesa é definida no DL 55/2010¹⁸ como “a combinação de medidas, de recursos humanos e técnicos destinados a minimizar os riscos de danos pessoais e materiais nas atividades aeronáuticas” parte destas medidas e recursos competem aos responsáveis pela conceção e pela manutenção das infraestruturas aeronáuticas. Relativamente à segurança no chão, que é a componente relevante para este estudo, mais especificamente a relacionada com a segurança da pista, os incidentes/acidentes podem decorrer de três tipos de risco: *runway confusion*; *runway incursion* e *runway excursion*.

¹⁵ Stephans, R. A., 2004, pág. 3

¹⁶ Stephans, R. A., 2004, pág. 11

¹⁷ Stephans, R. A., 2004, pág. 27

¹⁸ MTOPC, DL 55/2010, 2010, pág. 1863

2.1.1 Runway confusion

Segundo a *Flight International*¹⁹ a *runway confusion* define-se como:

"the unintentional use of the wrong runway, or a taxiway, for landing or take-off"

Refere-se portanto ao uso, não intencional, da pista errada ou de um caminho de circulação, para aterrar ou para descolar.

O acidente de 27/08/2006 da *Comair*, no Aeroporto *Blue Grass* em *Lexington* – USA, com um *Canadair CL-600-2B19 (CRJ-100)* deveu-se a um uso não intencional de uma pista errada – *runway confusion*, após lhe ter sido dada autorização pela torre de controlo, para descolar na Pista 22, o piloto descolou na pista 26. Esta pista tem cerca de metade do comprimento da Pista 22 e um comprimento inferior ao que a aeronave precisa para descolar. A aeronave saiu de pista, embateu num conjunto de árvores e incendiou-se. Resultou na morte de 49, das 50 pessoas a bordo.



Fonte: <http://media.kentucky.com>; <http://in.com> e <http://filtrack.com> , consultadas a 26/08/2010

Figura 6 – Runway confusion

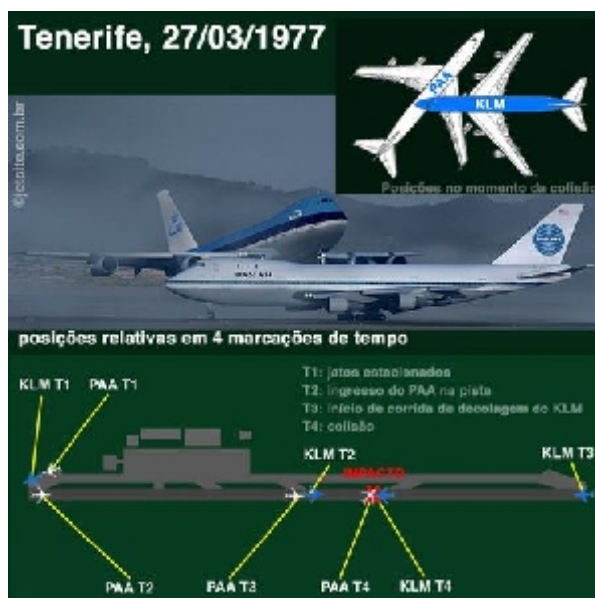
¹⁹ www.flightglobal.com, art. 14/03/2008, consultada a 24/08/2010

2.1.2 Runway incursion

A *runway incursion* é um risco, definido pela ICAO²⁰ em 2006 como:

“Any occurrence at an aerodrome involving the incorrect presence of an aircraft, vehicle, or person on the protected area of a surface designated for the landing and take-off of aircraft.”

Considera-se então uma *runway incursion*, uma presença não autorizada (de aeronaves, veículos ou pessoas) na área de proteção às aterragens e decolagens (área constituída pela pista e pelos caminhos de circulação até às marcas de paragem obrigatória *runway holding positions*) mesmo que não se verifique a presença de outra aeronave na pista que possa dar origem a um conflito. Anteriormente a esta definição da ICAO, a *Federal Aviation Administration* (FAA) considerava que um incidente no qual não se encontrasse uma aeronave que pudesse dar origem a um conflito, por exemplo o caso de um cruzamento de pista não autorizado de uma aeronave sem mais ninguém na pista, era apenas considerado um incidente de superfície. O pior acidente aeronáutico mundial em termos de vítimas mortais, uma colisão entre dois B747, no Aeroporto de *Los Rodeos*, em Tenerife - Espanha, com 583 vítimas mortais, resultou numa *runway incursion*.



Fonte: <http://www.signalcharlie.net/July+2008>, consultada a 05/08/2010

Figura 7 – Runway incursion

²⁰ ICAO, MPRI, 2007, pág. vii

O B747 da KLM *Royal Dutch Airlines* estava na sua corrida à decolagem quando embateu no B747 da *Pan American World Airways* que circulava na mesma pista em sentido contrário.

2.1.3 Runway excursion

Segundo a NAV CANADA²¹:

“A runway excursion occurs when an aircraft fails to confine its take off or landing to the designated runway. This may occur during the take off roll other than by becoming fully airborne or if an attempted landing is not completed within the confines of the intended runway.”

Uma *runway excursion* (RE) poderá então acontecer quer durante uma aterragem quer durante uma decolagem. Durante a aterragem poderá consistir numa aterragem antes do início da pista *undershooting* (UNDS) ou numa saída para além dos limites da pista quer para o lado *veer-off* (VO) quer para a frente *overrun* (OR). Durante a decolagem poderá consistir ou num *veer-off* ou num *overrun*.

O acidente de 17/07/2007 da TAM, no Aeroporto de Congonhas em São Paulo – Brasil, com um A320-233 deveu-se a uma saída de pista – *runway excursion*, durante a aterragem seguida por uma saída do aeroporto, atravessamento de uma avenida rodoviária e que culminou num embate num edifício. Resultou na morte de 187 pessoas a bordo da aeronave (nenhum sobrevivente) e mais 12 vítimas mortais no solo. A pista tinha entrado em serviço após grandes obras de reabilitação 15 dias antes do acidente, no entanto, não tinha sido alvo de *ranhuragem* (o que veio a ser realizado quinze dias após o acidente). No dia anterior ao acidente uma aeronave ATR-42 da Pantanal Linha Aérea entrou em derrapagem na pista o que levou a que esta tivesse encerrado durante 20 minutos. Para além deste incidente há registos de comunicações, entre a torre de controlo e diversos pilotos que utilizavam a pista, a reportar que a pista se encontrava “muito escorregadia”.

²¹<http://www.navcanada.ca/NavCanada.asp?Language=en&Content=ContentDefinitionFiles%5CRunwaySafety%5CRunwayExcursions%5Cdefault.xml>, consultada a 24/07/2010



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_TAM_3054#cite_note-12, consultada a 05/08/2010

Figura 8 – Runway excursion

Sensivelmente uma hora e meia antes do acidente a INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) foi chamada para avaliar a camada de água na pista para averiguar a necessidade de suspensão das operações, no entanto, os técnicos consideraram as condições adequadas e não mandaram suspender as operações.

Segundo o relatório final do acidente, elaborado pelo centro de investigação e prevenção de acidentes aeronáuticos, havia já um historial de reportes sobre a falta de atrito da pista que levou a que em novembro de 2005 o pavimento da pista principal, que era tratado com *grooving*, fosse substituído por um pavimento rugoso. Esse pavimento obteve coeficientes de atrito aceitáveis, mas com reduzida durabilidade, assim alguns meses depois os problemas de atrito associados a problemas de regularidade continuavam a persistir sendo que a partir de janeiro de 2006 diversos *Notice to Airmen* (NOTAMs) foram emitidos alertando para o facto da pista se tornar escorregadia quando molhada. Nos primeiros meses de 2006 ocorreram dois incidentes nos quais as condições da pista foram contribuintes. Alertados para o problema a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil do Brasil) e a INFRAERO (Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária) estabeleceram um conjunto de medidas mitigadoras que visavam a preservação da segurança operacional no caso de existência de água na superfície da pista, de entre as quais a necessidade de nestes casos as manobras de aterragem se realizarem com todos os *reverses* ativados e a necessidade de medição regular do coeficiente de atrito. Como paliativo da situação, entre outubro e novembro de 2006, foi realizada uma retexturização do pavimento, recorrendo à granalhagem com esferas de aço. Esta medida conduziu a que os valores do coeficiente de atrito atingissem valores superiores aos mínimos estabelecidos, mas a pista continuava com problemas, em virtude da sua irregularidade.

Assim, em dezembro de 2006 a ANAC, a INFRAERO o Serviço Regional de Proteção de Voo e diversos operadores reuniram-se para tratar dos problemas referentes às condições de operação em Congonhas durante períodos de chuva. Dessa reunião resultou uma minuta de informação adicional para operação de aeronaves a jato na pista molhada, mas essa minuta nunca foi aprovada.

Das conclusões do relatório, destacam-se: o registo da manete de potência do motor n.º 2 na posição “CL” (*Climb*) e da manete de potência do motor n.º 1 em “IDLE” que levou o motor a manter a velocidade, o facto de no momento do toque não terem sido acionados os *ground spoilers* nem o *autobrake* e o facto de no momento do acidente se registar um volume de precipitação de 0,6mm. Complementarmente, no dia anterior já tinha acontecido um acidente com uma aeronave de transporte regular devida a uma hidroplanagem e o operador já tinha reconhecido a necessidade de acionar todos os *reverses* no caso da pista de Congonhas estar molhada.



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_TAM_3054#cite_note-12, consultada a 05/08/2010

Figura 9 – Grooving da pista de Congonhas

“As ranhuras no piso da nova pista de Congonhas foram feitas somente após o acidente. A sua ausência foi apontada como uma das possíveis causas da tragédia.”²²

Em abril de 2008 a ANAC emitiu uma norma a proibir a operação em Congonhas, com a pista molhada caso os *reverses* não estivessem disponíveis.

²² http://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_TAM_3054#cite_note-12 , consultada a 05/08/2010

2.2 O testemunho dos utilizadores

Segundo a associação internacional de pilotos profissionais, a *International Federation of Airline Pilots' Associations* (IFALPA)²³:

“IFALPA believes that runway safety issues are among the most serious threats to aviation safety. A significant percentage of accidents are as a result of runway safety deficiencies.”

Na Força Aérea Portuguesa (FAP), no ano de 2008, houve reportes de pilotos relativos a incidentes ocorridos na pista, os quais, segundo esses pilotos, se deveram a problemas relacionados com a pista. Segundo a *Federal Aviation Administration* FAA²⁴ é importante a valorização das observações e principalmente das queixas dos pilotos. Tal como nos outros tipos de infraestruturas (rodovias, edifícios, pontes, etc.) as opiniões dos principais utilizadores e a sua perceção sobre o seu conforto de utilização das mesmas, constituem, normalmente, um dos primeiros sintomas de problemas com elas relacionados.

Assim, tendo em vista a caracterização e delimitação do problema em estudo, foram realizados questionários destinados aos pilotos de aeronaves a jato, que foram as aeronaves que tiveram esse tipo de incidentes. Os questionários visavam conhecer a opinião dos pilotos de caça sobre as pistas da Força Aérea, nas quais podem operar, de forma a perceber quais as características mais valorizadas e quais as razões dos problemas associados aos reportes de incidentes ocorridos no Aeródromo de Manobra n.º 1. Uma cópia do questionário que lhes foi dirigido encontra-se no anexo A.

Entre 26/06/2009 e 16/07/2009, 18 pilotos de ambas as esquadras de F16 da Força Aérea responderam anonimamente ao questionário: do tratamento das respostas dos pilotos destacam-se as principais conclusões:

- Relativamente à importância das características da pista os pilotos referem que em primeiro lugar está o comprimento da pista (ter uma pista comprida); em segundo lugar a aderência da pista (ter boa aderência) e em terceiro lugar a ausência de água no pavimento;

²³ IFALPA Artigo 09POS01, 2008

²⁴ FAA, AC 150/5200 – 30C, 2008, pág. 37

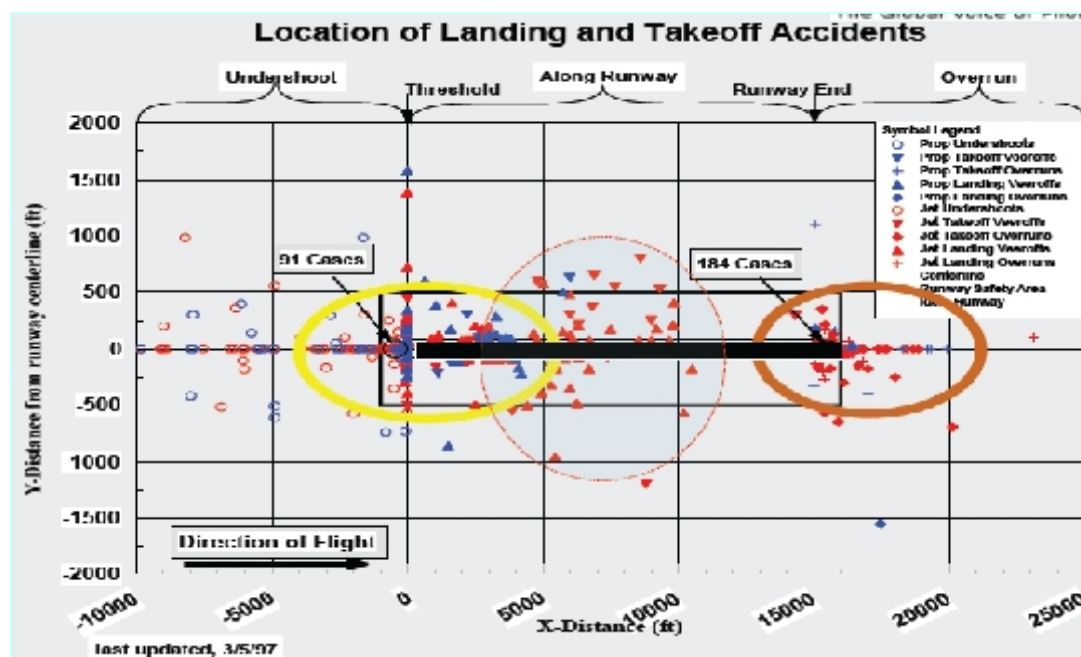
- Quanto à classificação da pista de Ovar, 69% dos pilotos consideram-na má ou muito má e 31% regular;
- 67% dos pilotos afirmaram ter tido experiências negativas na pista de Ovar, que atribuem ao estado do pavimento;
- Grande parte dos pilotos que afirmaram ter tido experiências negativas na pista de Ovar referem ter sido: durante a noite; com chuva; com a pista molhada e com falta de aderência na pista e apontam como consequências: a falta de controlo direcional e a dificuldade em travar a aeronave dentro da pista;
- Um dos pilotos referiu mesmo ter experienciado uma saída de pista *runway excursion* em Ovar. Ocorreu durante um voo noturno, com chuva de grande intensidade, que conduziu à formação de depósitos de água na pista;
- Um dos pilotos referiu a falta de aderência na pista de Ovar mesmo com a pista seca;
- Alguns dos pilotos referem a falta de luzes de aproximação em Ovar como uma deficiência da pista.

Complementarmente, uma equipa de pilotos propôs-se e levou a efeito um *braking action test*. Esse teste foi feito no dia 05 de janeiro de 2010, na Pista 18/36 do Aeródromo de Manobra n.º1 (AM1), em Ovar e deu origem a um relatório de missão que não se anexa a este documento por estar classificado como reservado. No entanto, pode referir-se que no mesmo, o piloto de teste foi levado a concluir que:

- A operação em pistas alagadas (com presença de lâminas de água) é inaceitável. As diferenças de performance observadas entre a pista alagada ou meramente molhada levaram-no a classificar aterragens em pista alagadas como muito duras, e a concluir que a operação apenas é aceitável em pistas secas ou meramente molhadas.

2.3 Estudo NLR

Atendendo à sensibilidade das operações na envolvente da pista (por gerarem mais acidentes e mais vítimas mortais) durante a aterragem ou durante a descolagem foi estudada a localização dos mesmos, segundo o sentido de voo, na envolvente do eixo da pista e resultou a Figura 10



Fonte: IFALPA - Eekeren, R., 2006, slide 16

Figura 10 – Acidentes em aterragens e descolagens

Segundo uma apresentação do Vice-presidente da IFALPA, Rob van Eekeren, de 2006, houve um estudo da *NLR Air Transport Safety Institute* nesse mesmo ano que concluiu que relativamente a *runway excursions* (RE), durante as aterragens (LD) e descolagens (TO) se verificaram 91 casos de aterragem antes da pista *undershooting* e 184 casos de saída para além do fim da pista *overrunig*.

Dos overruns, 75% aconteceram durante a aterragem e 25% durante a descolagem. Os *overrunnings* durante as descolagens ocorrem, geralmente, na sequência de descolagens abortadas, como nestes casos as velocidades, normalmente, são inferiores às das velocidades durante a aterragem, os *overruns* durante a descolagem são menos frequentes.

Após haver detetado que os *overruns* durante a aterragem pertenciam ao grupo de acidentes mais frequentemente reportados em todo o mundo, a NLR²⁵ (*Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium – Netherlands National Aerospace Laboratory*) apresentou em setembro de 2005 um estudo sobre uma análise deste tipo de acidentes, com aeronaves comerciais de transporte, no período entre 1970 e 2004. Foram identificados e analisados 400 acidentes, com o objetivo principal da quantificação do risco associado a cada fator de risco

²⁵ NLR, 2005, pág. 19

de *overrun*, presente durante a aterragem. O estudo identificou e quantificou 11 fatores de risco.

Tabela 1. Distribuição dos fatores de risco de *overrun* durante a aterragem

Fator de risco	Número de acidentes	Porcentagem
Aproximação de não precisão	289	72,3%
Aterragem longa	211	52,8%
Excesso de velocidade de aproximação	111	27,8%
Hidroplanagem	60	15%
Atraso ou não ativação dos mecanismos de travagem	60	15%
Aproximação visual	56	14%
Vento de cauda	49	12,3%
Aproximação alta	29	7,3%
Travões inoperativos	21	5,3%
<i>Reverse</i> inoperativo	10	2,5%
<i>Spoilers</i> de solo inoperativos	2	0,5%

Fonte: Adaptado de NLR TP 2005-498, pág.19

Para cada fator, considerado individualmente, o estudo calculou uma Taxa de Risco (TR) que é o quociente entre a probabilidade de acidente na presença do fator considerado e a probabilidade de acidente sem a presença do referido fator, calculado através da seguinte expressão:

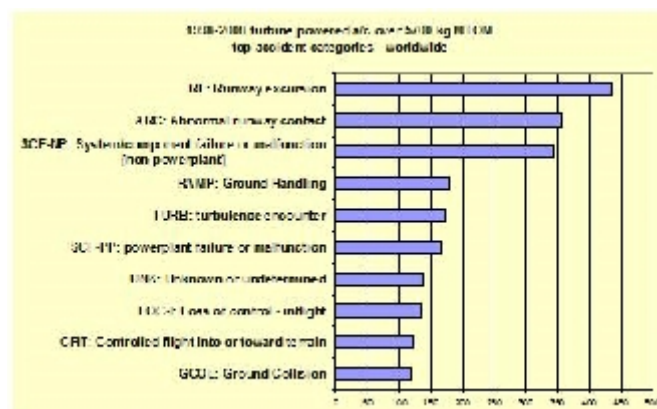
$$TR = \frac{\left(\frac{\text{Acidentes na presença do fator}}{\text{Aterragens normais com a presença do fator}} \right)}{\left(\frac{\text{Acidentes sem a presença do fator}}{\text{Aterragens normais sem a presença do fator}} \right)} \quad (\text{eq. 1})$$

De entre esses fatores, a hidroplanagem depende das condições da pista, as quais influenciam a quantidade de força de travagem que cada pneu consegue desenvolver. No caso de pistas molhadas, com neve, com gelo, ou outros contaminantes, desenvolvem-se forças menores do que em pistas secas.

O estudo apurou que, durante a aterragem, 48% dos acidentes ocorreram em pistas molhadas e 5% em pistas contaminadas (neve, gelo, outros). Como apenas 10% dos movimentos se realizam em pistas molhadas e 14% em pistas contaminadas, significa que se a pista estivesse sempre nessas condições, a probabilidade de ocorrência de acidentes seria 10 vezes superior no caso de estar molhada e 7 vezes superior no caso de estar contaminada.

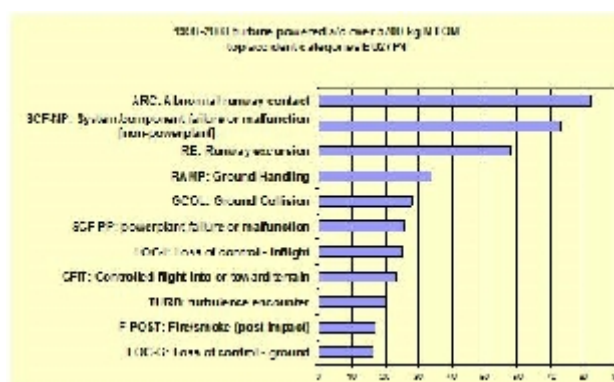
2.4 Estudo da EASA

A *European Aviation Safety Agency* (EASA)²⁶ em 2008, elaborou um artigo sobre a estatística de *runway excursions*, para o efeito recorreu à base de dados da ICAO, uma vez que existe segundo o ponto número 7.1 do Anexo 13²⁷, a obrigatoriedade de reporte, a essa entidade, de acidentes de aeronaves com mais do que 2.250kg. Desses a EASA analisou as estatísticas dos acidentes ocorridos entre 1998 e 2008 com aeronaves de turbina com mais de 5700kg, que são as mais utilizadas nas operações de transporte aéreo.



Fonte: http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/2010

Figura 11 – Acidentes mundiais entre 1998 e 2008

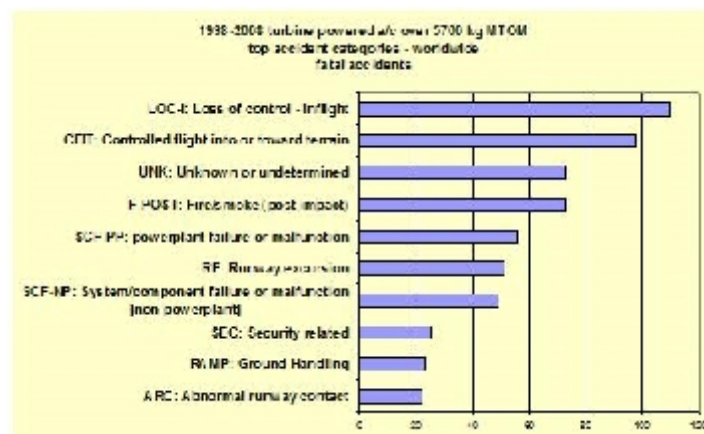


Fonte: http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/2010

Figura 12 – Acidentes europeus (EU27+4) entre 1998 e 2008

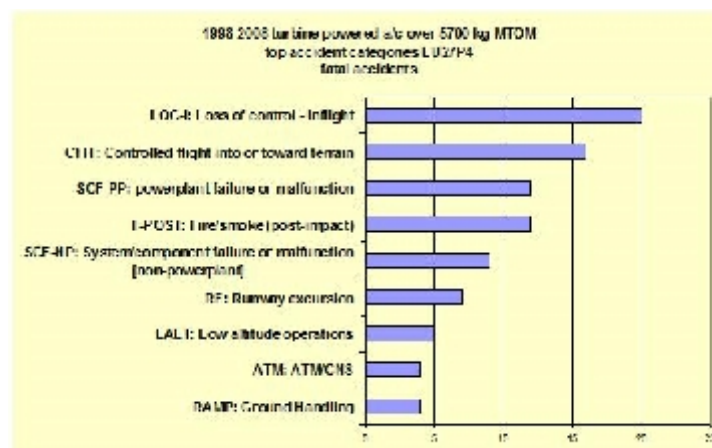
²⁶ http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/10

²⁷ ICAO, A13, pág. 7-1



Fonte: http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/2010

Figura 13 – Acidentes mundiais, com vítimas mortais, entre 1998 e 2008



Fonte: http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/2010

Figura 14 – Acidentes europeus com vítimas mortais, entre 1998 e 2008

Das estatísticas analisadas, o artigo da EASA concluiu que as *Runway Excursions* ocupam o primeiro lugar de entre as várias tipologias de acidente em todo o mundo, o terceiro na Europa (EU27+4) e o sexto lugar, na Europa e no Mundo, caso sejam considerados os acidentes com vítimas mortais.

2.5 Estudo da FSF e da IATA

Entre 2006 e 2009, ao longo de dois anos e meio, foi realizado um estudo em conjunto pela *Flight Safety Foundation* (FSF) e pela *International Air Transport Association* (IATA) o qual resultou num relatório *Runway Safety Initiative* (RSI)²⁸ que sintetiza os resultados do estudo realizado por uma equipa multidisciplinar que envolveu técnicos e especialistas de todas as

²⁸ FSF, 2009

áreas do setor, fabricantes de aeronaves, operadores, gestores, pilotos, reguladores, investigadores, controladores aéreos e operacionais de aeroportos e numa ferramenta a *Runway Excursion Risk Reduction Toolkit* destinada a ajudar os operadores a reduzirem o seu risco de *runway excursions*.

Os dados do estudo reportam ao *World Aircraft Accident Summary* (WAAS) no período compreendido entre 1995 e 2008 e distinguem acidentes de aeronaves a turbo-jato de aeronaves a turbo-propulsão. O estudo inicialmente incidiu nos três tipos de risco e concluiu que as *runway incursions* e as *runway confusion* eram mais fatais que as *runway excursion*, mas também concluiu que as *runway excursions* aconteciam em muito maior número (nesse período de 14 anos 129 pessoas perderam a vida devido a *runway incursions*; 132 perderam a vida devido a *runway confusions* e 712 perderam a vida em *runway excursions*). Na totalidade o maior número de fatalidades resulta de *runway excursions*, pelo que direcionaram o estudo para a redução desse risco.

2.5.1 Runway excursions

Durante o período estudado as *runway excursions* nas descolagens (TOE) diminuíram, mas as *runway excursions* nas aterragens (LDE) aumentaram, 6 de 19 grandes acidentes de aviação ocorridos no ano de 2008, deveram-se a *runway excursions* (RE) e 4 deles ocorreram durante a descolagem (TOE). Em todo o período as *landing excursions* (LDE) aconteceram cerca de quatro vezes mais que as *take-off excursions* (TOE).

Das TOE cerca de 2/3 deveram-se a *overruns*.

Das LDE pouco mais de metade, 53%, foram *veer-off*, as restantes 47% *overruns*.

Quando analisados estes fenómenos segundo o tipo de aeronave, constatou-se nesse estudo que as aeronaves mais envolvidas em TOE foram os *turboprops*, logo seguidas pelos *turbojets*. Quanto às LDE o maior número de aeronaves corresponde aos *turbojets*, seguidas pelos *turboprops*.

2.5.2 Fatores de risco das *runway excursions*

Segundo a FSF (pág.9) as *runway excursions*, podendo ocorrer durante a aterragem ou durante a descolagem, são resultantes de um ou da combinação de fatores de risco, os quais

foram agrupados nas seguintes cinco categorias: (1) operação; (2) fabricante da aeronave; (3) controlo de tráfego aéreo; (4) entidade reguladora e (5) aeroporto.

1) Operação

De entre 20 fatores de risco identificados para as descolagens e 20 fatores de risco identificados para as aterragens, dois relacionam-se com a condição superficial da pista: o controlo direcional inadequado e a ineficiência da travagem devida à contaminação da pista (com água ou outro contaminante).

2) Fabricantes de aeronaves

O único fator de risco identificado relativamente aos fabricantes de aeronaves também se relaciona com a condição superficial da pista, na medida em que se refere à falta de informação sobre a performance de operação da aeronave em diversos cenários de pista, com diferentes tipos de condição superficial.

3) Controlo de tráfego aéreo

Quanto aos fatores de risco identificados como relacionados com o controlo de tráfego aéreo, de entre 8, há um que advém da condição superficial da pista, que é a falha na disponibilização atempada de dados precisos sobre as condições da pista.

4) Entidades reguladoras

Da responsabilidade do regulador foram identificados 3 fatores de risco, todos eles relacionados com a condição superficial: a falta de regulamentação sobre requisitos de fornecimento consistente de dados às tripulações sobre aterragens e descolagens para diferentes condições possíveis de pista; a regulamentação inadequada sobre a necessidade de dotação de informações de voo corretas, precisas, atualizadas e atempadas e a não existência de um padrão internacional de medição e reporte das condições da pista.

5) Aeroporto

Quanto aos 8 fatores de risco associados ao aeroporto, há 5 que se relacionam com a condição superficial da pista: pistas não construídas e/ou mantidas de forma a maximizar o atrito e a drenagem; relatórios sobre a condição da pista tardios ou imprecisos; não encerramento da pista quando as condições assim o determinam; pinturas incorretas ou obscurecidas; planos de controlo de neve e gelo inadequados (este com menor relevância em Portugal).

2.5.3 Potenciação dos fatores de risco

A probabilidade de ocorrência de uma *runway excursion* é potenciada pela presença de mais do que um fator de risco devido ao efeito sinérgico (a presença de dois fatores de risco resulta numa probabilidade de ocorrência superior ao dobro da probabilidade de cada um dos fatores quando considerados individualmente). Daí que deva existir um sistema de gestão de risco do aeroporto *Safety Management System* (SMS) o qual deverá adotar uma metodologia adequada para identificar e minimizar a probabilidade de ocorrência de incidentes/acidentes através da aplicação de medidas de mitigação. O estudo da FSF apresenta uma extensa lista de medidas recomendadas para a mitigação de riscos relacionados com *runway excursions*.

2.5.4 Conclusões e recomendações do estudo da FSF

O estudo culmina com a apresentação de 10 conclusões, cada uma delas com diversas recomendações relacionadas com a problemática das *runway excursions*. Destas há duas conclusões referentes à condição superficial das pistas:

- -“Contaminated runways increase the risk of runway excursions”;
- “Universal standards related to the runway and conditions, and comprehensive performance data related to aircraft stopping characteristics, help reduce the risk of runway excursion”.

Para minimizar os riscos de *runway excursion* relacionados com a contaminação das pistas o estudo recomenda:

- o fornecimento de informações de voo corretas, precisas e atempadas sobre a condição da pista;
- o desenvolvimento e a adoção de um padrão universal, e de fácil utilização, para o reporte das condições da pista;
- a disponibilização por parte dos fabricantes das aeronaves de dados de performance de operação das aeronaves para as diferentes condições de pista possíveis.

Quanto aos padrões universais sobre a condição da pista e dados sobre a performance das aeronaves durante as travagens em diferentes circunstâncias, o estudo recomenda que os reguladores do setor desenvolvam regulamentação sobre a matéria.

2.6 Estado da arte

Desde os primórdios da aviação, mesmo antes das operações se realizarem sobre superfícies pavimentadas, que se manifesta a relevância de as aterragens e descolagens se fazerem em locais estáveis, desempenados e considerados “seguros” para a operação de aeronaves. A segurança de voo desde cedo identificou a necessidade do controlo da qualidade dos locais escolhidos para a operação de aeronaves.

Foi no Aeroporto de *Le Bourget* em Paris, um dos primeiros a dispor de uma pista pavimentada, que se registaram as primeiras preocupações com o fenómeno das condições de atrito da pista. O responsável pelo aeroporto, na presença de determinadas condições, fazia “testes de derrapagem” para se certificar das condições de atrito da pista. Em função dos resultados, conforme as derrapagens eram mais ou menos extensas, assim determinava, ou não, o encerramento da pista. Rapidamente esta forma empírica de avaliação das condições do atrito da pista, migrou para a necessidade de realização de avaliações mais objetivas, principalmente devido à evolução das aeronaves (cada vez maiores e mais velozes) e ao crescimento dos incidentes e acidentes.

Em 1946 quando a SAS (*Scandinavian Airlines*) começou a operar com os grandes *Douglas DC-4*, a partir de Nova Iorque para Oslo, as aeronaves tinham que aterrar no Aeroporto de *Fornebu*, em Oslo cuja pista tinha uma grande inclinação longitudinal e possuía apenas 1.200m de comprimento. Para evitar acidentes o diretor do aeroporto, *Ottar Kollerud*, começou a medir o atrito da superfície da pista durante o inverno, antes da aterragem dos DC-4. O método que desenvolveu consistia em usar um camião carregado com areia. A uma velocidade de 30km/h acionava travões e registava o tempo e a distância percorrida pelo veículo até à sua paragem total. Os testes realizados permitiram verificar que a desaceleração verificada com o DC-4 correspondia aproximadamente ao dobro da desaceleração do camião. A desaceleração era calculada pelas fórmulas

$$r = \frac{V}{T} \text{ (eq. 2)}$$

ou

$$r = \frac{V^2}{2S} \text{ (eq. 3)}$$

Em que (r) é a desaceleração (*retardation*); (V) a velocidade antes de começar a travar; (T) o tempo entre o acionamento dos travões e a paragem total do veículo e (S) o espaço percorrido durante o tempo entre o acionamento dos travões e a paragem total.

Testes realizados posteriormente, permitiram concluir que essa relação se mantinha para diferentes tipos de aeronaves. O método de *Kollerud*, com ligeiras modificações, dividindo o valor da desaceleração (r) pela aceleração da gravidade, $g=9,81\text{m/s}^2$ para obter o valor do coeficiente de atrito (μ) ainda é usado pela ICAO, e faz parte do Doc 9137-AN/898, ASM, Part 2, ponto 2, Apêndice 6²⁹.

O diretor do aeroporto de *Bromma*, em Estocolmo, *Bertil Florman*, também reconheceu a necessidade de fazer testes de atrito das pistas durante o inverno, porque nas pistas havia um tráfego muito intenso. No final dos anos 40 início dos anos 50 o problema do atrito das pistas de aeroportos ainda não era reconhecido internacionalmente mas a SAS começou a precisar de informações relativas às condições de atrito das pistas de aeroportos na Suécia, na Dinamarca e na Noruega.

Florman implementou o método de *Kollerud* no aeroporto de *Bromma*, e concluiu que o método se adequava a *Fornedu*, porque tinha baixa frequência de aterragens, no entanto, em *Bromma*, em que o tráfego era muito intenso, o método não se adequava, porque levava muito tempo e havia um desgaste muito rápido dos pneus e dos travões dos camiões. Por isso, *Florman* introduziu o medidor *Tapley*. Consistia num desacelerómetro, instrumento que podia ser instalado facilmente em qualquer veículo. O procedimento consistia em acelerar o veículo até uma certa velocidade e travar de modo a parar as rodas. Quando as rodas começavam a derrapar, fazia-se a leitura no medidor. Este medidor constituiu um grande avanço na técnica de medição do atrito. Posteriormente a pedido de *Florman*, *Kulberg*, engenheiro sueco, desenvolveu um equipamento denominado deslizómetro, que media o atrito de forma contínua ao longo da pista.

No início dos anos 50 o deslizómetro (*Skidometer*) foi introduzido para medições no aeroporto de *Bromma*. Na opinião da SAS os instrumentos deveriam ser suficientemente

²⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. A 6-1

pesados, para poderem representar as aeronaves da época. Decidiram que para a medição seria aplicada na roda uma carga de 1000kg e que o equipamento inteiro pesaria cerca de 3000kg. Com o avanço das experiências verificou-se que as medições podiam ser realizadas com cargas menores. Atualmente a carga na roda de medição é apenas de 105kg, consequentemente os equipamentos são mais leves.

A SAS e os operadores da Suécia desenvolveram um método de divulgação das condições de atrito das pistas, e como nos troços intermédios e finais da pista o atrito é mais determinante optaram pela divisão da pista em terços, os quais denominavam de “A”, “B” e “C”, em que o A corresponde à soleira de número inferior (por exemplo numa pista 01/19 a soleira 01 corresponde ao troço A) mas como as informações que davam se baseavam em critérios difíceis de compreender para os pilotos estrangeiros, o método foi simplificado e a condição de atrito dos pavimentos das pistas passou a ser classificada como: Bom; Médio e Pobre.

A SAS elaborou um questionário que foi respondido por cerca de 3.000 pilotos, destinado a avaliar as condições de controlo da aeronave em situações de vento cruzado e pistas contaminadas com neve e gelo. As respostas permitiram verificar que para coeficientes de atrito maiores ou iguais a 0,40, não havia qualquer problema. Mas, para coeficientes de atrito inferiores ou iguais a 0,25 foram relatadas situações de dificuldade. Esse estudo permitiu introduzir uma forma normalizada de divulgação de informações acerca das condições das pistas aos pilotos, que acrescenta termos descritivos aos níveis de atrito medidos nas pistas. Essa forma ainda hoje é usada pela ICAO relativamente a pistas contaminadas com neve ou gelo. No Anexo 14 é apresentada a Tabela 2³⁰.

Tabela 2. Atrito em pistas contaminadas com neve ou gelo

Atrito medido	Travagem estimada	Código
0,40	Boa	5
0,39 a 0,36	Média a boa	4
0,35 a 0,30	Média	3
0,29 a 0,26	Média a pobre	2
0,25	Pobre	1

Fonte: ICAO, Anexo14 2009, ATT A-9

³⁰ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-9

Em 1952 a *International Air Transport Association* (IATA) promoveu um encontro onde a SAS divulgou a experiência da Suécia sobre avaliação e divulgação de informação das características de atrito de pistas aeronáuticas. Um representante da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) esteve presente nessa reunião e desde esse momento até à atualidade que existe cooperação entre técnicos da SAS e da NASA, para a investigação de características de atrito em pistas aeronáuticas.

Durante uma reunião ocorrida em 1952, a Divisão de Aeroportos e Auxílio em Terra da ICAO aceitou as solicitações da IATA. As mesmas foram então publicadas no Anexo 14 da ICAO, que reúne as normas e recomendações para projeto e operação de aeródromos, e que hoje se já se encontra na quinta edição, datada do ano de 2009. Com base na investigação desenvolvida por *Horne e Yager* no *Langley Research Center* (Centro de pesquisa da NASA localizado no Estado de Virgínia dos Estados Unidos), foi equacionada a mecânica de formação de lâmina de água sobre o pavimento das pistas. A hidroplanagem foi identificada como um fator crucial na perda de atrito entre os pneus e o pavimento.

No ano de 1962, *Yager* desenvolveu a técnica de *grooving*, que consiste na criação de ranhuras transversais nos pavimentos das pistas através de serragem com discos diamantados. A partir de 1966 o desenvolvimento da técnica permitiu obter uma configuração geométrica mais eficaz. Em 1968 a técnica de *grooving* foi aplicada em pistas de aeroportos de Inglaterra e dos Estados Unidos, e nos Estados Unidos também em curvas de estradas que apresentavam elevados níveis de sinistralidade, quando molhadas. As avaliações efetuadas mostraram resultados positivos. Em função desses resultados os setores: civil e militar da aviação consideraram oportuno desenvolver uma investigação de larga escala e com maior abrangência. A investigação decorreu entre 1969 e 1972, utilizando um B-727 e um DC-9, em diferentes superfícies de pistas de aeroportos com e sem *grooving*. Os resultados foram claramente favoráveis à implementação do *grooving* para garantir as condições de atrito das pistas. Em 1991, havia nos Estados Unidos 646 pistas de aeroportos e de bases da Força Aérea com aplicação de *grooving*, segundo dados da NASA em 2003.

Complementarmente no final dos anos 60 a SAAB (Empresa fabricante de veículos Sueca) desenvolveu um equipamento medidor de atrito que permitia realizar medições rápidas e libertar a pista imediatamente pois consistia num veículo com mais uma roda, a quinta,

destinada à medição do atrito. Este instrumento foi muito útil para os aeroportos com muito movimento.

Apesar do avanço na tecnologia e nos procedimentos, as operações em pistas molhadas continuaram a apresentar elevados riscos. Pistas contaminadas com neve, gelo ou água, foram identificadas como fatores contribuintes em mais de 100 acidentes, muitos deles com vítimas fatais, ocorridos entre 1958 e 1993. Tendo em vista a redução desse tipo de acidentes a NASA em colaboração com a *Transport Canada* e a *Federal Aviation Administration* (FAA), desenvolveram a partir de 1994 um programa de medição, denominado: Programa Conjunto de Medições de Atrito em Pistas de Aeroportos no inverno (*Joint Winter Runway Friction Measurement Program – JWRFP*)³¹. O programa tinha os seguintes objetivos: (1) estabelecer um sistema coordenado de leitura para os diversos equipamentos de medição de atrito, para desenvolver uma grandeza de atrito que represente e indique condições similares de perigo potencial das pistas; (2) estabelecer uma correlação fiável entre os valores obtidos com diferentes equipamentos de medição e o desempenho de travagem das aeronaves. Para iniciar as atividades do programa reuniram em 1994, em instalações da NASA, localizadas no leste do Estado de Virgínia dos Estados Unidos, 80 engenheiros, representantes de 43 organizações pertencentes a 10 países, que participaram no estudo inicial do atrito desenvolvido entre o pneu e o pavimento, em condições controladas. Realizaram mais de 800 testes de atrito e mais de 400 medidas de textura de pavimentos das pistas. Usaram 13 tipos de equipamento de medição de atrito, aplicaram 7 técnicas diferentes de medição de textura sobre 11 superfícies diferentes de pavimentos.

Em 1996 iniciaram testes de travagem com aeronaves e veículos instrumentados nos Estados Unidos e no Canadá. Usaram um B-737 e um *Falcon 20*, em aterragens de teste em pistas contaminadas com gelo, neve ou água. As condições das pistas foram artificialmente modificadas. Usaram diferentes equipamentos e diferentes técnicas. Os dados obtidos com os equipamentos de medição foram comparados entre si e com o desempenho das aeronaves instrumentadas. Posteriormente foram realizadas outras campanhas que envolveram 9 aeronaves e 18 equipamentos. Os dados recolhidos durante o programa entre 1996 e 1999 incluem aproximadamente 400 corridas de aeronaves instrumentadas e mais de 10.000 corridas de equipamentos de medição de atrito, sobre diferentes tipos de superfícies de

³¹ FAA et al, WRFRWG, 1995

pavimentos, em diferentes condições de contaminação. Os dados permitiram aos investigadores desenvolver um índice internacional de atrito em pistas de aeroportos, denominado: *International Runway Friction Index* (IRFI). Este índice permite estandardizar a divulgação das condições do atrito e minimizar a dificuldade dos pilotos em tomar decisões quanto às operações de aterragem e decolagem. Os participantes do programa entendem que o IRFI deveria ser um índice internacional, para ser usado pelos operadores na avaliação e divulgação das condições de atrito das pistas. A Norma ASTM E 2100-04 “*International Runway Friction Index*”³² define e explica como calcular o IRFI para condições de inverno. O IRFI consiste num índice harmonizado destinado a informar os operadores das aeronaves sobre as características de atrito pneu/pavimento de uma pista. Complementarmente, os responsáveis pela manutenção do aeródromo também podem utilizar este índice para monitorizar as condições de atrito das pistas. Este método avalia troços de 100m e calcula a média por terços de pista o que reduz as variações, em comprimentos de 100m, de 0,2 para 0,04. No entanto, exige a adoção de um único equipamento de medição o qual deverá estar calibrado e ser utilizado de igual forma por todos. A ASTM desenvolveu um modelo de cálculo do IRFI que compreende as principais técnicas e os equipamentos mais comumente utilizados em todo o mundo.

À medida que o estado da arte do equipamento científico se torna mais sofisticado, aumenta a possibilidade de medir, com rigor, as propriedades do atrito nas superfícies das pistas.

A preocupação com a necessidade de existência de atrito é tanto maior em pistas operadas por aeronaves a jato, em primeiro lugar, porque estas aeronaves praticam velocidades de aterragem e decolagem mais elevadas (da ordem dos 200km/h), velocidades que coincidem com os intervalos de velocidade para que ocorre a hidroplanagem; em segundo lugar, porque muito frequentemente as extensões de pista disponíveis para as aterragens e para as decolagens (LDA e TODA) são próximas dos comprimentos de pista que essas aeronaves necessitam para operar, o que não dá origem a grandes margens de manobra. Daí as exigências adicionais que são impostas às operações de aeronaves a jato, tais como os casos da necessidade de majoração das distâncias necessárias para as aterragens e decolagens em pistas molhadas ou contaminadas, segundo exigências impostas pelos fabricantes da aeronave,

³² ASTM, 2010

ou da necessidade de existência de barreiras de retenção nas pistas solicitadas por aeronaves a jato militares.

A existência de atrito também é fundamental em pistas não operadas por aeronaves a jato porque o fenómeno da hidroplanagem não acontece apenas a velocidades e elevadas e pela influência que o atrito tem no controlo direcional da aeronave na pista.

É fundamental que se conheçam as características de atrito da pista e a eficácia da travagem das aeronaves, as quais deverão ser disponibilizadas aos pilotos e aos responsáveis pelas operações dos aeroportos, visando a adequabilidade e o ajuste caso necessário, dos procedimentos operacionais de voo e do solo.

A ausência de harmonização da informação sobre a condição funcional da superfície dos pavimentos fornecida aos operadores e aos pilotos em virtude dos diversos métodos de avaliação de atrito, não permite que os fabricantes de aeronaves e os operadores facultem aos pilotos instruções claras a desenvolver durante as manobras de aterragem e descolagem em pistas contaminadas. Esta situação conduz, portanto, à necessidade de adoção de margens de segurança que penalizam fortemente os operadores, ou alternativamente, na sua ausência, se arriscam a comprometer a segurança.

Segundo o RuFAB³³, na ausência de harmonização quer da avaliação quer da publicação/reporte, o que presentemente se faz consiste em:

- Observação das condições da superfície da pista, incluindo a presença de contaminantes;
- Avaliação do atrito recorrendo a equipamentos de medição do atrito em contínuo, com o reporte dos valores de atrito fornecidos aos pilotos ou com o reporte da eficácia de travagem (boa, boa a média, média, média a fraca e fraca); e
- PIREPs – Pilot REPorts de aterragens anteriores.

Como os formulários de reporte, os equipamentos de medição do atrito utilizados e os reportes dos pilotos variam, também variam o tipo de informações a fornecer o que é tanto

³³ EASA - RuFAB, 2010, pág.2

mais grave relativamente aos valores obtidos com os diferentes tipos de medição do atrito e que não são comparáveis entre si.

Para além do RuFAB da EASA há outras iniciativas em curso, tais como o: CRFI; o estudo da DGAC; a FTF da ICAO e o TALPA ARC da FAA.

2.6.1 CRFI da TC

O CRFI – Canadian Runway Friction Index³⁴, da TC (Transport Canada), que é a Autoridade Canadiana de Aviação é um índice que surge associado a tabelas de distâncias de aterragem recomendadas.

Canadian Runway Friction Index (CRFI)													Recommended Landing Distances (No Discing/Reverse Thrust)	
Landing Distance (Feet) Bare and Dry Unfactored	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	Landing Field Length (Feet) Bare and Dry	Landing Field Length (Feet) Bare and Dry
	Recommended Landing Distances (Discing/Reverse Thrust)												60% Factor	70% Factor
1 800	3 120	3 200	3 300	3 420	3 540	3 700	3 900	4 040	4 150	4 330	4 470	4 620	3 000	2 571
2 000	3 480	3 580	3 690	3 830	3 980	4 170	4 410	4 570	4 700	4 910	5 070	5 250	3 333	2 857
2 200	3 720	3 830	3 960	4 110	4 280	4 500	4 750	4 940	5 080	5 310	5 490	5 700	3 667	3 143
2 400	4 100	4 230	4 370	4 540	4 740	4 980	5 260	5 470	5 620	5 860	6 080	6 300	4 000	3 429
2 600	4 450	4 590	4 750	4 940	5 160	5 420	5 740	5 950	6 130	6 410	6 630	6 870	4 333	3 714
2 800	4 760	4 910	5 090	5 290	5 530	5 810	6 150	6 380	6 570	6 880	7 110	7 360	4 667	4 000
3 000	5 070	5 240	5 430	5 650	5 910	6 220	6 590	6 850	7 060	7 380	7 640	7 920	5 000	4 286
3 200	5 450	5 630	5 840	6 080	6 370	6 720	7 130	7 420	7 640	8 010	8 290	8 600	5 333	4 571
3 400	5 740	5 940	6 170	6 430	6 740	7 110	7 550	7 870	8 100	8 500	8 800	9 130	5 667	4 857
3 600	6 050	6 260	6 500	6 780	7 120	7 510	7 900	8 340	8 580	9 000	9 320	9 680	6 000	5 143
3 800	6 340	6 570	6 830	7 130	7 480	7 900	8 410	8 770	9 040	9 490	9 840	10 220	6 333	5 429
4 000	6 550	6 780	7 050	7 370	7 730	8 170	8 700	9 080	9 360	9 830	10 180	10 560	6 667	5 714

Fonte: www.tc.gc.ca, consultada a 12/06/2012

Figura 15 – Tabela de distância de aterragem, sem reverse

³⁴TC - CRFI – www.tc.gc.ca, consultada a 12/06/2012

Canadian Runway Friction Index (CRFI) Recommended
Landing Distances (Discing/Reverse Thrust)

Reported Canadian Runway Friction Index (CRFI)														
Landing Distance (Feet) Bare and Dry Unfactored	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.27	0.25	0.22	0.20	0.18	Landing Field Length (Feet) Bare and Dry	Landing Field Length (Feet) Bare and Dry
	Recommended Landing Distances (Discing/Reverse Thrust)												60% Factor	70% Factor
1 200	2 000	2 040	2 080	2 120	2 170	2 220	2 280	2 340	2 380	2 440	2 490	2 540	2 000	1 714
1 400	2 340	2 390	2 440	2 500	2 580	2 660	2 750	2 820	2 870	2 950	3 010	3 080	2 333	2 000
1 600	2 670	2 730	2 800	2 880	2 970	3 070	3 190	3 280	3 360	3 460	3 540	3 630	2 667	2 286
1 800	3 010	3 080	3 160	3 250	3 350	3 480	3 630	3 730	3 810	3 930	4 030	4 130	3 000	2 571
2 000	3 340	3 420	3 520	3 620	3 740	3 880	4 050	4 170	4 260	4 400	4 510	4 630	3 333	2 857
2 200	3 570	3 660	3 760	3 880	4 020	4 170	4 360	4 490	4 590	4 750	4 870	5 000	3 667	3 143
2 400	3 900	4 000	4 110	4 230	4 380	4 550	4 750	4 880	4 980	5 150	5 270	5 410	4 000	3 429
2 600	4 200	4 300	4 420	4 560	4 710	4 890	5 100	5 240	5 350	5 520	5 650	5 790	4 333	3 714
2 800	4 460	4 570	4 700	4 840	5 000	5 190	5 410	5 560	5 670	5 850	5 980	6 130	4 667	4 000
3 000	4 740	4 860	5 000	5 160	5 340	5 550	5 790	5 950	6 070	6 270	6 420	6 580	5 000	4 286
3 200	5 080	5 220	5 370	5 550	5 740	5 970	6 240	6 420	6 560	6 770	6 940	7 110	5 333	4 571
3 400	5 350	5 500	5 660	5 850	6 060	6 310	6 590	6 790	6 930	7 170	7 340	7 530	5 667	4 857
3 600	5 620	5 780	5 960	6 160	6 390	6 650	6 960	7 170	7 320	7 570	7 750	7 950	6 000	5 143
3 800	5 890	6 060	6 250	6 460	6 700	6 980	7 310	7 540	7 700	7 970	8 160	8 380	6 333	5 429
4 000	6 070	6 250	6 440	6 660	6 910	7 210	7 540	7 780	7 950	8 220	8 430	8 650	6 667	5 714

Fonte: www.tc.gc.ca, consultada a 12/06/2012

Figura 16 – Tabela de distância de aterragem, com reverse

Para o cálculo do mesmo é utilizado um ERD (*Electronic Recording Decelerometer*), que é um acelerómetro piezoelétrico destinado a medir a desaceleração. Este dispositivo é montado num veículo que se acelera até 50km/h e depois se trava até ao bloqueio da roda.

As vantagens do ERD sobre os dispositivos de avaliação do atrito em contínuo, são a sua simplicidade e o facto dos seus resultados se correlacionarem bem com as performances de travagem das aeronaves (isto de acordo com as medições efetuadas no âmbito do JWRFMP).

Fonte: www.tc.gc.ca, consultada a 12/06/2012

As desvantagens são o facto de ocuparem mais tempo na pista e de serem mais sensíveis ao operador, especialmente em pistas onde a contaminação não é uniforme.

$$Mu_{rec} = 0,40 \times CRFI + 0,02 \text{ (eq. 4)}$$

A DGAC (*Direction générale de l'Aviation civile*) tem em curso um inquérito para determinar qual a informação a reportar, avaliar as características operacionais do atrito e decidir qual a melhor aproximação para a organização e processamento dos dados. Os resultados iniciais deste inquérito serviram de base ao projeto da EASA, o RuFAB³⁵.

Diretrizes para Avaliação Funcional de Pavimentos Aeronáuticos

2.6.3 FTF da ICAO

O FTF (*Friction Task Force*)³⁶ da ICAO, como o próprio nome indica é uma iniciativa da ICAO referente a diversos assuntos relacionados com o atrito. Segundo esta iniciativa é consensual a necessidade de um formato padrão para o reporte das condições da pista, mas não há consenso quanto à forma de o alcançar, nomeadamente no respeitante à metodologia de avaliação do atrito. Esta iniciativa está a estudar particularmente o caso da iminência do nível mínimo do atrito para o qual se deve publicar que “*a pista se pode tornar escorregadia quando molhada*”.

2.6.4 TALPA ARC da FAA

Na sequência de um acidente de saída de pista de um B737 em Midway, em dezembro de 2005, a FAA (*Federal Aviation Administration*), autoridade aeronáutica dos Estados Unidos da América, tomou conhecimento dum número significativo de falhas na regulamentação e na bibliografia de apoio relativa à operação de aeronaves em pista contaminadas com neve, neve derretida, gelo ou água. Assim criou um Comité, o ARC – *Aviation Rulemaking Committée* para desenvolver um estudo, ou uma avaliação, o TALPA- *Takeoff And Landing Performance Assessment*³⁷, que tornasse possível a informação em tempo útil ao piloto sobre a verdadeira condição da pista e que essa informação pudesse ser relacionada com a performance da aeronave. Este processo, liderado pela FAA, conta com a representação dos fabricantes de aeronaves, dos aeroportos e consiste na definição de um sistema de interligação de todas as componentes, que abrange um espectro que vai desde o processo de reporte das condições da pista à avaliação da performance das aeronaves. Para isso usa uma tabela onde se classifica a performance da aeronave num intervalo de 0 a 6, em que zero é o pior e seis o melhor, conforme o tipo de contaminante da pista, a sua espessura e a temperatura.

³⁶ ICAO, DRAFT

³⁷ FAA, 2007

PAVED RUNWAY CONDITION ASSESSMENT TABLE

Airport Estimated Runway Condition Assessment				Pilot Reports (PIREPs) Provided To ATC And Flight Dispatch
Runway Condition Assessment – Reported		Downgrade Assessment Criteria		
Code	Runway Description	Mu (μ)	Deceleration And Directional Control Observation	PIREP
6	• Dry	-	-	Dry
5	• Wet (Smooth, Grooved or PFC) • Frost 1/8" or less of: • Water • Slush • Dry Snow • Wet Snow	40μ or higher	Braking deceleration is normal for the wheel braking effort applied. Directional control is normal.	Good
4	At or below -13°C: • Compacted Snow	39-36μ	Brake deceleration and controllability is between Good and Medium.	Good to Medium
3	• Wet (Slippery) At or below -3°C: • Dry or Wet Snow greater than 1/8" Above -13°C and at or below -3°C: • Compacted Snow	35-30μ	Braking deceleration is noticeably reduced for the wheel braking effort applied. Directional control may be slightly reduced.	Medium
2	Greater than 1/8" of: • Water • Slush Above -3°C: • Dry or Wet Snow greater than 1/8" • Compacted Snow	29-26μ	Brake deceleration and controllability is between Medium and Poor. Potential for hydroplaning exists.	Medium to Poor
1	At or below -3°C: • Ice	25-21μ	Braking deceleration is significantly reduced for the wheel braking effort applied. Directional control may be significantly reduced.	Poor
0	• Wet Ice • Water on top of Compacted Snow • Dry or Wet Snow over Ice Above -3°C: • Ice	20μ or lower	Braking deceleration is minimal to non-existent for the wheel braking effort applied. Directional control may be uncertain.	Nil

Notes:

- **Contaminated runway.** A runway is contaminated when more than 25 percent of the runway surface area (whether in isolated areas or not) within the reported length and the width being used is covered by water, slush, frost or snow greater than 0.125 inches (3 mm), or any compacted snow or ice.
- **Dry runway.** A runway is dry when it is not contaminated and at least 75% is clear of visible moisture within the reported length and width being used.
- **Wet runway.** A runway is wet when it is neither dry nor contaminated.
- Temperatures referenced are average runway surface temperatures when available, OAT when not.
- While applying sand or liquid anti ice to a surface may improve its friction capability, no credit is taken until pilot braking action reports improve or the contaminant type changes (e.g., ice to water).
- Compacted Snow may include a mixture of snow and imbedded ice.
- Compacted Snow over Ice is reported as Compacted Snow.
- Taxi, takeoff, and landing operations in Nil conditions are prohibited.

Fonte: EASA, 2010, RuFAB, Volume1, pág.6

Figura 18 – Tabela de avaliação de uma pista pavimentada da TALPA ARC

Esta tabela de avaliação da condição da pista pavimentada, à qual chamam matriz, serve para avaliar a condição das pistas (a desenvolver pelos operadores do aeródromo) e para informar os pilotos sobre a condição da pista, num formato normalizado, a mesma:

- Alinha a condição da superfície reportada pelo operador do aeródromo com os dados de performance da aeronave em pistas contaminadas fornecidos pelo fabricante da aeronave;

- Correlaciona as descrições do contaminante da pista com as performances de travagem das aeronaves, as quais podem ser utilizadas para estabelecer metodologias de reporte da condição das superfícies;
- Disponibiliza um método expedito para informar as tripulações sobre as condições da pista, baseado num código em vez de fornecer um coeficiente de atrito;
- Fornece um método padrão para reporte da condição de todas as pistas;
- Fornece informação mais detalhada para que a tripulação possa tomar decisões operacionais;
- Normaliza a terminologia dos pilotos sobre a travagem de aeronaves.

De acordo com esta iniciativa, a fonte principal de informação relativa às condições da pista, consiste na descrição das condições observadas na pista e não na avaliação do coeficiente de atrito em contínuo. Segundo esta iniciativa da FAA a avaliação do atrito não é a principal fonte de informação e a sua determinação destina-se apenas à diminuição da classificação de performance da aeronave, porém, a mesma exige bastante formação inicial e contínua, quer dos operadores do aeródromo, quer dos pilotos para se familiarizarem com a terminologia, com a interpretação dos resultados e com os reportes de performance PIREP's.

2.6.5 RuFAB da EASA

O *Runway friction characteristics measurement and aircraft braking* (RuFAB) foi um estudo desenvolvido pela EASA³⁸ entre 2008 e 2010 e destinou-se principalmente à investigação e harmonização da terminologia a adotar para a caracterização funcional e operacional das condições da superfície quanto ao atrito; da relação entre as características funcionais com os reportes sobre o atrito e da relação entre a caracterização e reporte, avaliação do atrito com a eficiência de travagem das aeronaves, sendo o seu propósito final produzir recomendações destinadas à avaliação do atrito e ao reporte das condições das pistas.

Este estudo das condições da superfície das pistas faz a distinção entre dois conceitos relativos às características de atrito o funcional e o operacional. O funcional, principalmente destinado à manutenção das condições da pista e diretamente relacionado com a metodologia de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo, que engloba a necessidade de harmonização científica e operacional, o estudo de outros métodos de avaliação, a produção de diretrizes

³⁸ EASA, RuFAB, 2010

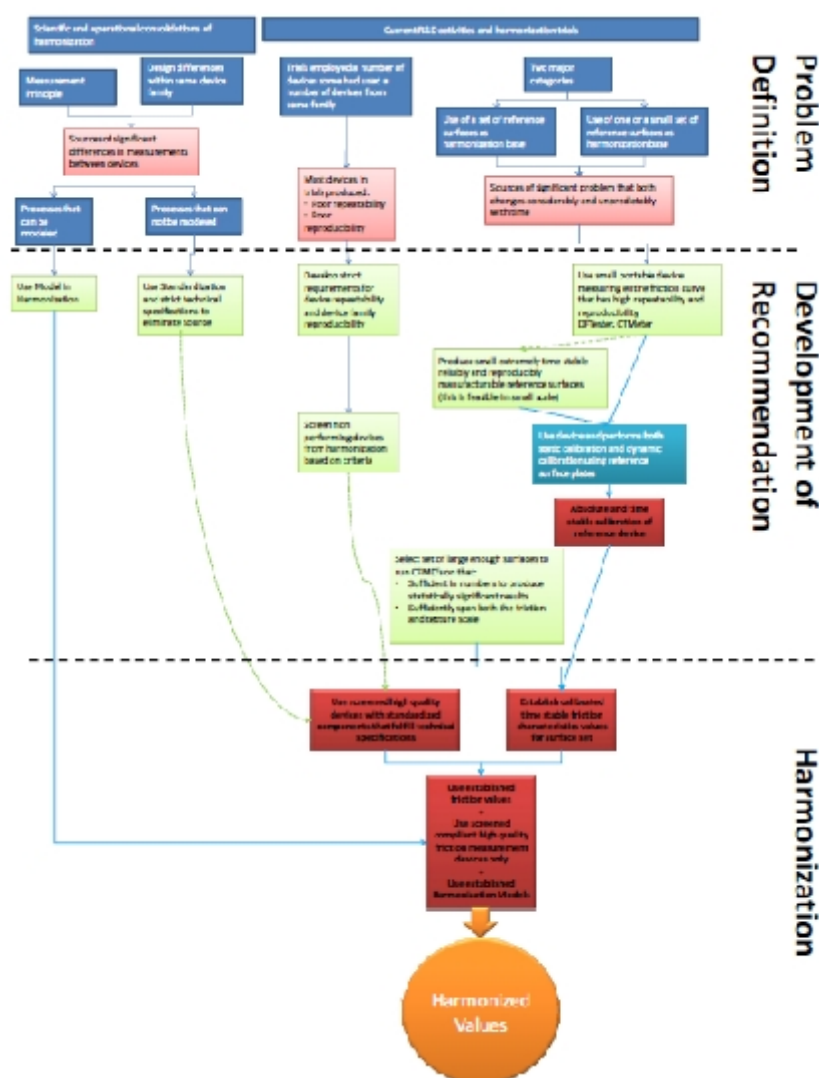
para a harmonização e o estudo da necessidade/exequibilidade da atualização da Tabela A-1³⁹ relativa aos coeficientes de atrito, do suplemento A do Anexo 14 à Convenção de Chicago e portanto principalmente destinada aos gestores aeroportuários que com base nos valores obtidos assim poderão planejar ou executar as intervenções nos pavimentos aeronáuticos. O operacional, principalmente destinado à publicação para conhecimento dos utilizadores das pistas, nomeadamente destinado aos pilotos na medida em que relaciona a avaliação e o reporte das condições da pista com as avaliações do atrito e a eficiência de travagem das aeronaves em condições de pista molhada ou contaminada. No caso das características de atrito para efeitos operacionais procede a referência à distinção que é feita “verão” versus “inverno” especialmente no respeitante aos reportes uma vez que no caso do inverno, existe o SNOWTAM que é um NOTAM (*Notice to Airman*) especialmente elaborado para quando neva (note-se que o mesmo praticamente não se utiliza em Portugal uma vez que muito raramente neva nos aeroportos portugueses), bem como os procedimentos que estão associados a este tipo de acontecimento os *Snow plans*, desta forma relativamente ao tipo e profundidade de contaminante há diferentes tipos de classificação caso se trate do verão ou do inverno. Assim, no caso do verão, o atrito apenas é medido para efeitos funcionais e não operacionais, com a condução das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito previamente determinadas e a emissão de NOTAMs apenas quando o valor do coeficiente de atrito se encontra abaixo do nível mínimo e se deve então comunicar que “*a pista se pode tornar escorregadia quando molhada*”. No inverno o reporte envolve principalmente duas atividades a recolha de informações relacionadas com o atrito e a observação das condições da superfície da pista. As informações recolhidas proveem dos valores do coeficiente de atrito medidos, de indicações gerais sobre a eficiência da travagem baseadas na escala do Anexo 14⁴⁰ do Suplemento A, e ou dos PIREPs (reportes dos pilotos). A observação das condições da superfície da pista inclui a definição de parâmetros tais como o tipo de contaminante, a espessura do contaminante, a largura da pista afetada, entre outros. Estes parâmetros normalmente são estimados com base na mera observação visual, ou outras formas de medição expeditas.

À guisa de conclusões o RuFAB tece algumas considerações referentes às características funcionais e às características operacionais do atrito. Assim, quanto às características funcionais do atrito, o estudo conclui que:

³⁹ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-11

⁴⁰ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-9

- Não foi possível harmonizar os modelos de obtenção dos coeficientes de atrito face à impossibilidade de repetição e reprodutibilidade e aos modelos numéricos se revelarem imperfeitos; os modelos não garantem que o atrito medido/estimado possa ser comparado com a eficiência de travagem dentro de limites aceitáveis;
- Relativamente a métodos alternativos para avaliação das características de atrito os melhores são o *Dynamic Friction Tester (DFT)* para a medição do atrito e o *Circular Texture Meter (CTM)* uma vez que quer um quer outro permitem a repetição e reprodutibilidade, são fiáveis, estáveis e economicamente vantajosos;
- As diretrizes para a harmonização são as apresentadas no diagrama da Figura 19;



Fonte: EASA, 2010, RuFAB, Volume1, pág.27

Figura 19 – Diagrama dos procedimentos para harmonização

- A Tabela A-1 do Anexo 14 não deve, pelo menos de momento, ser emendada.

Quanto às características operacionais do atrito, o estudo conclui que:

- Relativamente à avaliação das condições da superfície da pista o que se faz não é suficiente e deve ser reforçada a regulamentação sobre as definições de contaminante, a frequência de avaliação das condições, as qualificações e treino do pessoal que efetua as avaliações, as técnicas para estimar as condições; as auditorias a procedimentos a realizar;
- Quanto ao reporte das condições verifica que apenas se fazem reportes durante o inverno quando se deveriam fazer ao longo de todo o ano;
- Quanto à forma de avaliação das condições o que atualmente se faz é com base no bom senso e a observação visual muito embora também identifique a necessidade da existência de equipamentos nos aeródromos que permitam avaliações expeditas como também que a comunidade aeronáutica defina requisitos e trabalhe em conjunto com os fabricantes de aeronaves;
- Quanto ao reporte de informações não há uniformidade relativamente ao tipo de informações publicadas nos diferentes países, também não é uniforme a importância dada aos PIREPs face aos valores medidos. Uns países consideram os primeiros mais importantes os outros acham que são os segundos. O JWRFMP foi o programa mais extenso para avaliação das condições da pista durante o inverno mas a sua utilidade é limitada e por isso não é muito utilizado. Mantém-se uma grande relutância no relacionamento do coeficiente de atrito com a eficiência de travagem principalmente para fins de regulação, enquanto a EASA aponta para a necessidade de dados para condições de pista seca, molhada, com neve, com gelo, com lama e alagada, a FAA apenas aponta para dados em condição de superfícies secas e molhadas. O mais importante de tudo é a conclusão de que o coeficiente de atrito deve ser encarado como um sistema e não como uma propriedade intrínseca do pavimento, uma vez que é função: do pneu; do pavimento; do material à superfície da pista (contaminante) e das condições atmosféricas, e que, excetuando o desacelerómetro, nenhum outro equipamento de medição do atrito foi desenhado para outro propósito que não a manutenção dos pavimentos. Assim sendo, não se devem usar os seus resultados para fins operacionais, para este efeito seria necessário que os fabricantes de equipamentos de medição do atrito em contínuo, em conjunto com os fabricantes de aeronaves desenvolvessem um equipamento que permitisse a correlação dos dados obtidos com a performance da aeronave.

Finalmente o estudo aponta para um conjunto de recomendações, agrupadas em três tipos: gerais; para efeitos funcionais e para efeitos operacionais.

O estudo aponta como recomendações gerais que:

- A EASA continue a observar/acompanhar as outras iniciativas em curso sobre esta temática, nomeadamente a TALPA ARC da FAA e a FTF da ICAO;
- A EASA relacione as descrições das condições da pista com as performances das aeronaves;
- A EASA mantenha as três atuais descrições de estado da pista: seca; molhada e contaminada mas que complete a lista de contaminantes; que reveja o critério de determinação da pista como contaminada quando a percentagem de contaminação é igual ou superior a 25% da largura e extensão da pista (pois este não é o critério do Anexo 15 à Convenção de Chicago) e que se harmonize e complete o conjunto de definições utilizadas;
- A EASA deverá promover programas de treino para pilotos e para inspetores de pista.

O estudo aponta como recomendações destinadas à avaliação funcional:

- Relativamente ao objetivo das avaliações é necessário que se perceba a clara distinção entre a finalidade das avaliações do atrito que se distinguem segundo o seu propósito é funcional ou operacional. No caso do funcional é necessário que os desenvolvimentos apontem no sentido da normalização dos procedimentos, incluindo os afetos à calibração e harmonização dos equipamentos, e do estabelecimento de relações com as aeronaves numa instância secundária;
- As tentativas de harmonização não foram bem sucedidas pois não obtiveram suficiente precisão, consistência e certeza, assim, será necessário um esforço neste sentido por parte dos reguladores dos vários países, que com o apoio da EASA deverão produzir especificações e regulamentação baseada nos critérios técnicos do RuFAB e usar, com o propósito da harmonização o *European Friction Index* (EFI) ou o *International Friction Index* (IFI);
- Que os equipamentos de referência são: para medição do atrito o *DF tester* e para a medição da textura o *CF meter*;
- De momento não se proceda à emenda da Tabela A1 do Anexo 14 à Convenção de Chicago e que se estude a realização de um ensaio harmonizado baseado nos

requisitos e parâmetros de projeto sugeridos no estudo RuFAB e que com os resultados desse estudo, se possível, se harmonize a tabela.

O estudo aponta como recomendações destinadas à avaliação operacional:

- Na generalidade a EASA reconhece que há uma divergência quanto à importância dada às observações da superfície da pista face às avaliações de atrito e não toma posição sobre o assunto, no entanto, aponta para o acompanhamento dos resultados das iniciativas TALPA ARC da FAA e FTF da ICAO;
- Atendendo às limitações de todos os equipamentos de medição do atrito e principalmente porque nenhum deles permite correlações com a performance das aeronaves a EASA não classifica nenhum deles como o “melhor” e aponta para a necessidade de criar o tal equipamento cujos resultados permitam uma correlação com as aeronaves;
- O aparecimento de novas tecnologias de avaliação do coeficiente de atrito em quase tempo real, baseados nos dados recolhidos pelas aeronaves durante as aterragens, deverá ser acompanhado e eventualmente estimulado;
- A EASA reconhece a necessidade de assumir um papel mais ativo na atualização das avaliações da condição das pistas e nos procedimentos de reporte, bem como na necessidade de desenvolver políticas relativas ao fator humano de quem faz as avaliações e do tempo de pista ocupado para a realização dessas avaliações e de produzir regulamentação principalmente relativamente a: definições de contaminante; frequência de avaliações e definição do que é “alteração significativa da condição da pista”; qualificações dos inspetores de pistas; técnicas de reporte das condições; treino e avaliação de inspetores de pista e auditorias a instruções e procedimentos de inspeções de pistas;
- Relativamente à necessidade do encerramento da pista para efeitos de manutenção, a EASA reconhece a necessidade de tomar decisões destinadas a determinar que o encerramento das pistas seja ditado pelos aeroportos, caso certos valores sejam atingidos, ou de reconhecer que as responsabilidades dos aeroportos se devem limitar ao fornecimento da informação e as decisões serem tomadas pelos operadores ou pelos pilotos;
- É necessário um equipamento para identificar e quantificar contaminantes na superfície das pistas;

- O impacto do processo de inspeções de pista e transmissão de NOTAMs norueguês nas operações de voo e performance das aeronaves deverá ser acompanhado e caso a sua aplicação num espectro mais amplo se confirme válida, o seu uso deverá ser regulamentado.

Em contexto nacional, sobre a condição funcional, apenas se encontraram estudos referentes a pavimentos rodoviários, geralmente associados aos sistemas de gestão de pavimentos, como é o caso do Manual de Utilização do Sistema de Gestão de Pavimentos das Estradas de Portugal, S.A⁴¹.

⁴¹ EP/IEP/JAE, 2005

3 DIAGNÓSTICO DE PAVIMENTOS AERONÁUTICOS

3.1 Introdução

A ruína funcional, podendo ou não ser acompanhada pela ruína estrutural, faz com que o pavimento não desempenhe cabalmente as funções a que se destina, causando insegurança na utilização, desconforto aos utilizadores e danos nas aeronaves utilizadoras do pavimento, que compete ao gestor do pavimento evitar. Para identificar em que fase da sua vida útil é que o pavimento se encontra, torna-se necessária a sua avaliação funcional.

O primeiro passo da avaliação funcional consiste no diagnóstico do pavimento. Fazem parte do diagnóstico as fases: (1) de recolha e condensação de informação sobre o pavimento desde o projeto até à sua situação atual; (2) a realização de uma campanha de auscultação e finalmente (3) o registo e a classificação das principais patologias manifestadas pelo pavimento, conforme observável na Figura 2.

3.2 Pesquisa e base de dados

Deverá ser elaborada uma pesquisa exaustiva sobre toda a informação existente, quer do projeto, quer da obra. Procurar-se-ão os pressupostos de cálculo, as especificações, os ensaios realizados, as telas finais do projeto e o historial de manutenção. Os registos relativos às condições atmosféricas e ao tráfego utilizador da infraestrutura também deverão fazer parte deste processo de pesquisa. Será desejável a inclusão de dados sobre a procura da infraestrutura, nomeadamente os referentes ao tráfego esperado nos 20 anos seguintes. Os dados encontrados serão compilados e deverão estar disponíveis para consulta durante as fases subsequentes.

3.3 Inspeções visuais - Auscultação

Deverá ser feita uma inspeção visual através de uma visita ao local. Para além da procura de anomalias nos pavimentos atentar-se-á às condições de drenagem existente, mais especificamente, ao estado dos dispositivos de drenagem.

Poderá realizar-se uma passagem de carro pela pista, complementada de uma passagem a pé, para se ter uma perceção sobre o estado geral da condição do pavimento, com incidência em

locais pontuais onde se encontrem anomalias. Alternativamente, poder-se-á realizar um levantamento visual contínuo do qual poderá resultar uma avaliação objetiva e expedita.

3.3.1 Valor de serviço atual (VSA) PSR

O Valor de Serviço Atual (VSA) é um conceito de qualidade do pavimento baseado no conceito *Pavement Service Rate* (PSR) que foi definido pela *American Association of State Highway Officials* (AASHO). O conceito expressa o que os utilizadores pensam do pavimento. Os utilizadores percorrem a via e classificam a sua qualidade usando uma escala quantitativa. Este conceito de qualidade do pavimento, na generalidade, reflete a regularidade uma vez que a mesma é fortemente determinante para o conforto da circulação, que é aquilo que os utilizadores percecionam e avaliam.

É um método subjetivo da avaliação da condição superficial do pavimento baseado no conforto de circulação, que se desenvolve:

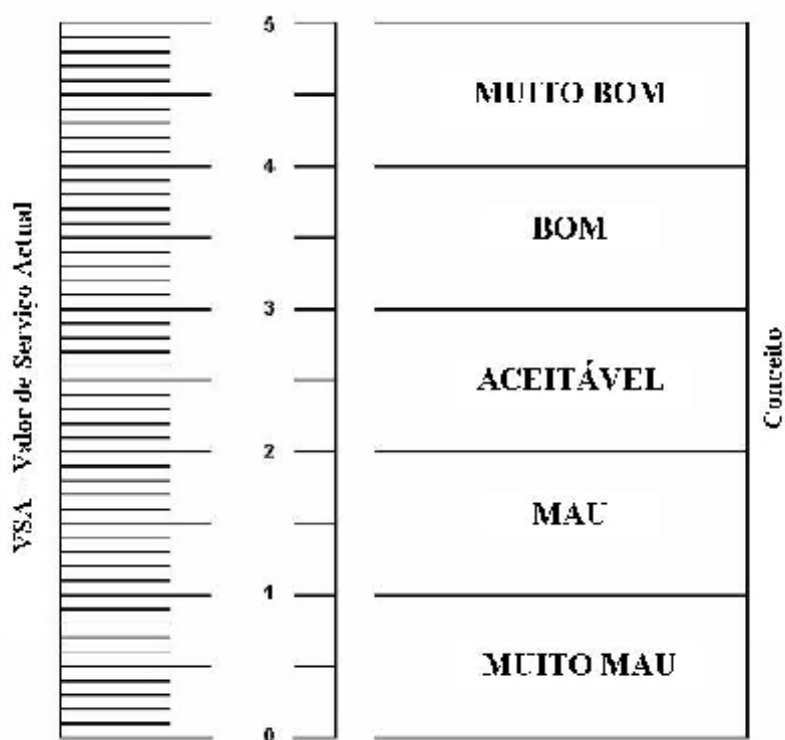
- Com os seguintes meios:
 - 3 membros, o condutor não é avaliador (proposta de autor);
 - 1 veículo;
- Circulando na pista à velocidade de 180km/h (proposta de autor);
- Respeitando determinados pressupostos.

1) Pressupostos de avaliação

- Não há trocas de perceções entre os avaliadores;
- As avaliações devem realizar-se sob condições atmosféricas boas (sem chuva, nevoeiro...);
- Desprezar:
 - Defeitos visuais do pavimento;
 - Falhas geométricas no traçado;
 - Futuras evoluções dos mecanismos de degradação do pavimento;
 - Resistência à derrapagem.

2) Aplicação do método

- Preencher o formulário de avaliação
- O VSA da pista é igual à média dos 3 avaliadores



Fonte: adaptado de DNIT 009/2003, pág. 5

Figura 20 - Valor de Serviço Atual

3.3.2 Levantamento visual contínuo

- Levantamento contínuo num veículo a circular à velocidade de $\pm 40\text{km/h}$;
- Documentam-se as patologias na pista e na berma;
- Subdivide-se a pista em troços de $\pm 300\text{m}$ (1000pés) (proposta de autor);
- Frequência/extensão das patologias:
 - Baixa: $<30\%$
 - Média: entre 50 e 80%
 - Alta: $>80\%$
- Severidade;
 - Leve: 1
 - Média: 2
 - Elevada: 3
- Calcula-se o Valor de Serviço Atual (0-5);
- Faz-se um registo fotográfico;
- Preenche-se uma tabela (frequência/severidade/condição);
- Regista-se fotograficamente o segmento mais representativo do troço.

3.3.3 Inspeção a pé - Amostragem

Durante uma inspeção a pé, que poderá ser precedida de uma passagem de carro apenas para que o avaliador obtenha uma percepção do conjunto, na impossibilidade, ou na falta de razoabilidade que seria a avaliação de cada metro quadrado de pista, torna-se necessária uma amostragem. Assim, antes de partir para a avaliação, conforme proposta de autor, será necessária a sua preparação em gabinete. Primeiro far-se-á uma divisão dos pavimentos a avaliar segundo o local:

- Pista (designação);
- Caminho de circulação (designação);
- Placa (designação).

Seguidamente, caso cada um desses locais seja constituído por pavimentos de características diferentes, por exemplo nas pistas é comum os primeiros 150m serem em pavimento rígido e os restantes em pavimento flexível; se tiverem estruturas de pavimento diferentes, ou se tiverem sido executados em alturas diferentes, cada um desses fatores, ou outros, impõe-se a necessidade da subdivisão em zonas, essas zonas deverão ser representadas graficamente e as suas áreas deverão ser medidas.

Posteriormente divide-se cada uma dessas zonas em unidades de amostragem, sendo que para pavimentos flexíveis a unidade de amostragem será igual a $450 \pm 180 \text{ m}^2$ e para pavimentos rígidos a unidade de amostragem será igual a 20 ± 8 lajes (as variações destinam-se aos ajustes segundo a área de cada zona).

De acordo com o número de unidades de amostragem de cada zona, assim serão determinadas o número de amostras a observar na zona, que no mínimo serão as apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Número de amostras por zona

Número de unidades de amostragem da zona – (N)	Número de amostras a avaliar por zona (n)
1 a 5	1
6 a 10	2
11 a 15	3
16 a 40	4
Mais de 40	10%

Caso se pretenda uma avaliação mais detalhada poder-se-á optar por inspecionar 20% das unidades de amostragem, ou seja 20% da área de cada zona, uma vez que a área de cada amostra será a da unidade de amostragem da zona.

O espaçamento (s) entre unidades de amostragem é então definido pela fórmula da eq.5, que expressa a relação entre o número de unidades da zona (N) e o número de amostras a inspecionar (n) e cujo resultado deverá ser arredondado ao inteiro inferior.

$$s = \frac{N}{n} \text{ (eq. 5)}$$

A primeira amostra a inspecionar será selecionada dentro do intervalo compreendido entre a primeira amostra e a amostra s . Depois as amostras a avaliar, serão determinadas aplicando o incremento s à primeira amostra ensaiada.

Complementarmente dever-se-ão inspecionar unidades de amostragem não características da zona (para casos bons e casos maus que se detetem) caso não coincidam com nenhuma das amostras selecionadas.

3.4 Patologias

Durante a inspeção para cada uma das amostras deverão ser registadas as patologias presentes, os seus graus de severidade e as frequências com que se manifestam.

Na base para a caraterização e descrição das patologias apresentadas a continuação estiveram os catálogos da NAVFAC.

Quadro 1 - Patologias de pavimentos

Patologias	
Pavimentos Flexíveis	Pavimentos Rígidos
Pele de crocodilo	<i>Blow up</i>
Exsudação	Fracturação de canto
Fendilhação em bloco	Fend. longitudinal, transversal, diagonal
Ondulação	Fendilhação por envelhecimento
Depressões	Deterioração de junta
Erosão devida a <i>jet blast</i>	Pequenos remendos
Fendilhação por reflexão de juntas	Grandes remendos
Fendilhação longitudinal e transversal	<i>Popout</i>
Derrames de óleos e combustíveis	<i>Pumping</i>
Remendos	Rede de fendilhação
Polimento do agregado	Desnívelamento
Envelhecimento, desagregação superficial	Fracturação/Quebra de laje
Cavado de rodeiras	Fendilhação por retração
Erupção de lajes	Quebra de junta
Fendilhação por escorregamento	Quebra de canto
Empolamento	

3.4.1 Patologias de pavimentos flexíveis

1) *Pele de crocodilo*

A fendilhação por fadiga, ou pele de crocodilo como é vulgarmente denominada, manifesta-se através de um conjunto de fendas interligadas e deve-se à fadiga do pavimento, resultante do tráfego que lhe é induzido. As mesmas têm origem na base do betão betuminoso ou até mesmo na camada de estabilização, que é a zona de maior tensão aquando da passagem da roda. As fendas propagam-se até à superfície (de baixo para cima). No início do processo de fendilhação por fadiga as fendas são paralelas, depois, com o aumento das repetições de tráfego, as fendas unem-se transversalmente aparentando o aspeto da pele de um crocodilo.

Esta patologia, considerada de alta gravidade, apenas ocorre em áreas de passagem repetida de aeronaves, nas imediações das linhas de passagem das rodas dos trens principais. Quando a patologia aparece por todo o pavimento (mesmo em locais não solicitados pelas aeronaves) ela será designada como fendilhação em bloco, por não ser devida à tensão gerada pelo peso da aeronave.

A sua gravidade escalona-se em reduzida (R), média (M) e elevada (E) consoante a atitude e o número de fendas bem como a sua espessura:

R – Fendas longitudinais finas e paralelas entre si, com poucas ou nenhuma fendas transversais, sem fracturação do pavimento;

M – Fracturação que já assume o formato de rede, com fendas transversais a interligar as fendas paralelas, as quais podem provocar alguma fracturação do pavimento;

E – Rede de fendas bem definida, com fracturação nos bordos, os quais podem oscilar sob a passagem das aeronaves.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m^2 e a dificuldade poderá residir na presença de diferentes tipos de gravidade da mesma patologia, neste caso, se for possível deve medir-se separadamente é o que deve fazer-se, se for impossível fazer a distinção, deverá assumir-se que toda a área é afetada pela patologia com o maior grau de gravidade.

Normalmente está patologia conjuga-se com o aparecimento de depressões, neste caso ambas as patologias deverão ser registadas.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; aplicar selantes (os rejuvenescedores não deverão ser usados em pistas); proceder à recarga do pavimento;

M – Remendar o pavimento (em toda a sua espessura ou não); proceder à recarga do pavimento ou reconstruir;

E – Remendar o pavimento (em toda a sua espessura ou não); proceder à recarga do pavimento ou reconstruir.

2) *Exsudação*

A exsudação consiste no aparecimento de uma camada de betume à superfície que normalmente se torna pegajosa. Deve-se a uma dosagem excessiva de ligante na mistura ou a

um baixo índice de vazios, e dá-se durante o tempo quente (verão), quando o asfalto preenche os vazios e se expande até à superfície onde permanece uma vez que o processo não é reversível durante o tempo frio (inverno).

Não lhe estão associados graus de severidade, a patologia deverá ser registada, quando a sua extensão é tal que se torna numa condicionante do atrito.

A patologia mede-se em m². Caso se registe esta patologia não deverá registar-se o polimento do agregado no mesmo local.

As opções para a eliminação desta patologia são: não fazer nada, aplicar calor, ensaibrar, compactar e varrer.

3) *Fendilhação em bloco*

A fendilhação em bloco caracteriza-se por um conjunto de fendas, longitudinais e transversais, que dividem o pavimento em retângulos, com comprimentos de lado que variam entre os 0,3m e os 3m. Deve-se principalmente à retração do betuminoso e às amplitudes de temperatura diárias, não depende do tráfego e indicia o endurecimento do betuminoso. Normalmente manifesta-se ao longo de extensões consideráveis, mas também pode acontecer em zonas não sujeitas a tráfego.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante a espessura, em milímetros, das aberturas das fendas, o seu material de preenchimento e o seu potencial para produzir *debris*:

R – Blocos definidos por fendas não fraturadas, ou com uma ligeira fracturação, sem qualquer possibilidade de formação de *debris*. As fendas não preenchidas têm espessuras inferiores a 6,4mm e nas preenchidas, os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória;

M – Blocos definidos por: (1) fendas preenchidas ou não, moderadamente fraturadas (com algum potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação mas com espessuras superiores a 6,4mm (com algum potencial para produzir *debris*); (3) fendas preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação, mas com os elementos finos de preenchimento em má condição (com algum potencial para produzir *debris*);

E – Blocos de fendas bem definidos, com fracturação severa e com elevado potencial de geração de *debris*.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m^2 e é raro que na mesma secção se observem graus de severidade diferentes, no entanto, se assim for, deverão ser registadas separadamente.

Em pavimentos de betão betuminoso, caso se registre esta patologia, não deverá registar-se a fendilhação longitudinal ou transversal na mesma área.

Em recargas de betão betuminosos sobre pavimentos em betão de cimento patologias tais como: fendilhação em bloco; reflexão de juntas e fendilhação longitudinal e transversal, provenientes do pavimento subjacente, deverão ser registadas separadamente.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; aplicar rejuvenescedor (exceto na pista, onde não se devem aplicar);

M – Selar as fendas; aplicar rejuvenescedor (exceto na pista, onde não se devem aplicar); reciclar o pavimento; fresar e recarregar;

E – Selar as fendas; reciclar o pavimento; fresar e recarregar.

4) Ondulação

A ondulação caracteriza-se por uma série de cristas e valas perpendiculares ao desenvolvimento da via, que se manifestam em intervalos regulares (normalmente inferiores a 1,5m). Deve-se à conjugação da ação do tráfego, com a instabilidade do pavimento.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante o impacto que tem na qualidade da circulação e depende da diferença altimétrica média entre as cristas e os cavados. Para obter um valor para esta amplitude, dever-se-á calcular a média de 5 amplitudes sucessivas entre cristas e cavados, e a sua classificação será:

R – Ondulação em pequena escala, que pouco afeta a qualidade de circulação, em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade a amplitude altimétrica é inferior a 6,4mm; em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento a amplitude altimétrica é inferior a 12,7mm;

M – Ondulação significativa que afeta a qualidade de circulação, em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade a amplitude altimétrica situa-se entre 6,4mm e 12,7mm; em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento a amplitude altimétrica situa-se entre 12,7mm e 25,4mm;

E – Ondulação extremamente evidente que afeta severamente a qualidade de circulação, em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade amplitude altimétrica superior a 12,7mm; em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento amplitude altimétrica superior a 25,4mm.

Este tipo de patologia deverá medir-se em mm, por unidade de superfície em m² e é muito raro o seu aparecimento em pavimentos aeronáuticos.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Reconstruir;

E – Reconstruir.

5) *Depressões*

As depressões são locais cuja cota é inferior à do restante pavimento. Geralmente não se notam até chover e acumularem água. Pode dever-se à consolidação do solo de fundação ou a problemas de construção. Para além da irregularidade a criação de poças de água poderá ser propícia à ocorrência de hidroplanagem.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada consoante o impacto que tem na qualidade da circulação e o potencial de hidroplanagem. Dependem da diferença altimétrica média entre o pavimento e o fundo da depressão. Para obter um valor para esta amplitude dever-se-á assentar uma régua de 3m e medir o cavado:

R – Depressão suave apenas observável quando preenchida por água, que pouco afeta a qualidade de circulação e com algum potencial de hidroplanagem. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade o cavado da depressão situa-se entre 3,2mm e 12,7mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento o cavado da depressão situa-se entre 12,7mm e 25,4mm;

M – Depressão observável, que afeta moderadamente a qualidade de circulação e com potencial de hidroplanagem. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade o

cavado da depressão situa-se entre 12,7mm e 25,4mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento o cavado da depressão situa-se entre 25,4mm e 50,8mm;

E – Depressão bastante evidente, que afeta severamente a qualidade de circulação e com elevado potencial de hidroplanagem. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade o cavado da depressão é superior a 25,4mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento o cavado da depressão é superior a 50,8mm.

Este tipo de patologia deverá medir-se em mm, por unidade de superfície em m².

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Preencher a depressão parcial ou totalmente;

E – Preencher a depressão parcial ou totalmente.

O preenchimento não deverá ser feito caso existam preocupações referentes a *debris*.

6) *Erosão devida a jet blast*

A erosão causada pelo *jet blast* proveniente dos escapes das aeronaves, que carbonizam o pavimento, manifesta-se através de aéreas negras cuja profundidade pode atingir os 12,7mm.

Não se definem graus de severidade para esta patologia, basta que se assinale a sua existência e se meça em m² de área afetada.

As opções para a eliminação desta patologia passam por não intervir, remendar ou aplicar rejuvenescedor (não aplicável em pistas).

7) *Fendilhação por reflexão de juntas*

A fendilhação por reflexão de juntas acontece apenas em recargas de betão betuminoso sobre pavimentos em betão de cimento, não se aplica a qualquer outro tipo de base (nem mesmo às estabilizadas com cimento). Devem-se à oscilação das lajes em betão de cimento que subjazem ao betão betuminoso, devidas às alterações de temperatura e nível freático. Não dependem da carga induzida pela passagem das aeronaves, contudo, o tráfego poderá provocar a fratura do betão betuminoso nas imediações das fendas e consequentemente a

expulsão do material e o potencial de geração de *debris*. É útil que se conheçam as dimensões das lajes em betão de cimento.

A sua gravidade escalam-se em reduzida, média e elevada, consoante a espessura, em milímetros das aberturas das fendas, o seu material de preenchimento e o seu potencial para produzir *debris*:

R – Fendas com uma ligeira fracturação, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris* ou com nenhuma fracturação. As fendas podem ou não ser preenchidas. As fendas não preenchidas têm espessuras inferiores a 6,4mm e nas preenchidas, seja qual for a sua espessura, os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória;

M – fendilhação definida por: (1) fendas de qualquer espessura, preenchidas ou não, moderadamente fraturadas (com algum potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação mas com espessuras superiores a 6,4mm (com algum potencial para produzir *debris*); (3) fendas preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação mas com os elementos finos de preenchimento em má condição (com algum potencial para produzir *debris*); (4) ligeira fendilhação aleatória em torno da fenda ou nos cantos da intersecção de fendas;

E – Fendas bem definidas, preenchidas ou não, de qualquer espessura, com fracturação severa e com elevado potencial de geração de *debris*.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m. Deverão ser registados os comprimentos e graus de severidade de cada fenda. Se a mesma fenda tiver diferentes graus de severidade deverão ser reportados parcialmente.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as fendas inferiores a 3,2mm;

M – Selar as fendas; remendar parcialmente;

E – Selar as fendas; remendar parcialmente; reconstruir a junta.

8) *Fendilhação longitudinal e transversal*

As fendas longitudinais (paralelas ao desenvolvimento da pista) e transversais (perpendiculares ao desenvolvimento da pista) podem resultar de juntas de construção com deficiências, da retração do betão betuminoso com as variações de temperatura ou da idade do pavimento. Podem ainda resultar da reflexão de fendas da camada de base (desde que não sejam reflexão de juntas de pavimentos rígidos que eventualmente lhe subjazam). Normalmente não estão associadas às cargas induzidas pelo tráfego.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante a espessura, em milímetros, das aberturas das fendas, o seu material de preenchimento e o seu potencial para produzir *debris*:

R – Fendas com pouca ou nenhuma fracturação, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*. As fendas podem ou não ser preenchidas. As fendas não preenchidas têm espessuras inferiores a 6,4mm e nas preenchidas, seja qual for a sua espessura, os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória;

M – Fendilhação definida por: (1) fendas de qualquer espessura, preenchidas ou não, moderadamente fraturadas (com algum potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas com pouca ou nenhuma fracturação mas com espessuras superiores a 6,4mm (com algum potencial para produzir *debris*); (3) fendas preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação mas com os elementos finos de preenchimento em má condição (com algum potencial para produzir *debris*); (4) ligeira fendilhação aleatória em torno da fenda ou nos cantos da intersecção de fendas;

E – Fendas bem definidas, preenchidas ou não, de qualquer espessura, com fracturação severa e com elevado potencial de geração de *debris*.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m. Deverão ser registados os comprimentos e graus de severidade de cada fenda. Se a mesma fenda tiver diferentes graus de severidade deverão ser reportados parcialmente.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as fendas inferiores a 3,2mm; aplicar rejuvenescedor (não aplicável a pistas); selar a superfície (desaconselhável em pistas);

M – Selar as fendas;

E – Selar o pavimento; remendar parcialmente.

9) *Derrames de óleos e combustível*

Os derrames de óleo, combustível ou outros solventes provocam manchas na superfície e deterioram o pavimento.

Não se definem graus de severidade para esta patologia, basta que se assinale a sua existência. Mede-se em m² de área afetada.

As opções para a eliminação desta patologia passam por: não intervir; remendar parcial ou totalmente.

10) *Remendos*

Um remendo é considerado um defeito, não obstante o seu comportamento.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada consoante a condição e o comportamento do remendo:

R – Remendo em boas condições e com um comportamento satisfatório;

M – Remendo ligeiramente deteriorado e que afeta a rolagem;

E – Remendo muito deteriorado que afeta bastante a rolagem e com um elevado potencial para produzir *debris*.

No caso de remendos em camadas drenantes, especial atenção deverá ser dada, uma vez que os mesmos vão incapacitar a drenagem da água e alterar a resistência ao deslizamento. Neste caso remendos de baixa severidade deverão passar a média/elevada severidade devido à afetação do atrito. De igual forma, os remendos de média e elevada severidade, deverão passar a elevada severidade.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m². Deverão ser registadas as áreas e graus de severidade de cada remendo. Se o mesmo remendo tiver diferentes graus de severidade deverão ser reportados parcialmente.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Selar as fendas; reparar as patologias do remendo; substituir o remendo;

E – Substituir o remendo.

11) *Polimento do agregado*

O polimento do agregado manifesta-se através da observação de superfícies extremamente lisas com um aspeto como que vitrificado. Indícios desta patologia também se podem detetar na presença de decréscimos do valor do coeficiente de atrito. Deve-se ao tráfego e à tipologia do agregado.

Não se definem graus de severidade para esta patologia. Apenas se deverá registar a presença desta patologia se o polimento for bastante significativo. Mede-se em m^2 .

Caso se registre exsudação no mesmo local, não se deverá registar o polimento.

As opções para a eliminação desta patologia passam por: não intervir; recarregar o pavimento ou aplicar uma camada rugosa.

12) *Desagregação superficial*

A desagregação superficial, envelhecimento ou “lavagem do pavimento” é causada pela ação do tempo que provoca a decomposição do pavimento.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante o material desagregado e o seu potencial para produzir *debris*:

R – Algum agregado ou algum betuminoso desprendido com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*;

M – Falhas de agregado e/ou betuminoso com algum potencial para produzir *debris*, com influência na regularidade do pavimento;

E – Falhas de agregado e/ou betuminoso com elevado potencial para produzir *debris*, com grande influência na regularidade do pavimento.

Este tipo de patologia deverá medir-se em m^2 .

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade, são:

R – Não intervir; aplicar rejuvenescedor (não aplicável a pistas); selar a superfície (desaconselhável em pistas);

M – Aplicar rejuvenescedor; selar a superfície;

E – Recarregar; reciclar ou reconstruir.

13) Cavado de rodeiras

O cavado de rodeira é uma depressão no pavimento, gerada pela passagem canalizada dos pneus das aeronaves que provocam a consolidação do pavimento ou das suas camadas de base. Em casos de maior gravidade, o pavimento ao lado da rodeira até pode subir ligeiramente, o que é raro nos pavimentos aeronáuticos. Este tipo de patologia, no caso dos pavimentos aeronáuticos, costuma ser tão ténue que apenas se nota quando chove e se acumula água nos cavados.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante a diferença altimétrica média entre o pavimento e o fundo do cavado de rodeira. Para obter um valor para esta amplitude dever-se-á assentar uma régua e medir o cavado:

R – Cavado de rodeira suave, amplitude é inferior ou igual a 6,4mm a 12,7mm;

M – Cavado de rodeira considerável, amplitude superior a 12,7mm e inferior ou igual a 25,4mm;

E – Cavado de rodeira profundo, amplitude superior a 25,4mm.

Este tipo de patologia deverá medir-se em mm por unidade de superfície em m².

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Preencher a depressão parcial ou totalmente; preencher a depressão parcial ou totalmente; recarregar;

E – Preencher a depressão parcial ou totalmente; preencher a depressão parcial ou totalmente; recarregar.

O preenchimento, sem recarga posterior não deverá ser feito caso existam preocupações referentes a *debris*.

14) Erupção de lajes

A “erupção de lajes” é uma patologia que apenas poderá aparecer em pavimentos de betuminoso sob os quais exista um pavimento rígido. Acontece devido às movimentações das lajes de betão de cimento que ocorrem na sequência de escorregamentos e abertura de juntas. Estas movimentações empurram o betuminoso, o qual dilata e pode fender.

A sua gravidade escalam-se em reduzida, média e elevada, consoante a dilatação e a fendilhação do betuminoso e consoante o impacto que tem na qualidade de circulação:

R – Ligeira dilatação do betuminoso, sem fendilhação, que pouco afeta a qualidade de circulação;

M – Dilatação do betuminoso significativa, com pouca ou nenhuma fendilhação, que afeta moderadamente a circulação;

E – Elevada dilatação do betuminoso, com fendilhação do pavimento, que afeta severamente a qualidade de circulação.

Este tipo de patologia mede-se em m² de superfície afetada.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Preencher a irregularidade parcial ou totalmente;

E – Preencher a irregularidade parcial ou totalmente.

15) Fendilhação por escorregamento

São fendas características, pela sua manifestação em formato de meia-lua, com as duas extremidades apontadas para fora relativamente à direção do movimento de aeronaves. Devem-se às travagens e viragens das aeronaves, que provocam a deformação e o escorregamento do pavimento, em pavimentos com misturas deficitárias, ou com superfícies descoladas das camadas inferiores.

Não se definem graus de severidade para esta patologia. Basta que se registre a sua manifestação. Mede-se em m² de área afetada.

As opções para a eliminação desta patologia passam por: não intervir; preencher parcial ou totalmente a fendilhação.

16) Empolamento

O empolamento caracteriza-se pela manifestação de protuberâncias à superfície do pavimento. Podem ser acentuadas e manifestar-se em pequenas áreas ou afetar áreas maiores e ter um formato ondulado, podendo ou não causar fendilhação. Pode dever-se a fenómenos de congelamento da base ou de dilatação do solo.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante a dilatação observada (em mm relativamente ao pavimento circundante) e o impacto que tem na circulação das aeronaves:

R – Empolamento dificilmente visível (em pistas é inferior a 19mm) com uma afetação muito ligeira da qualidade de circulação e da velocidade. Em pequena escala, quando ainda não é detetável visivelmente a manifestação desta patologia. A mesma poderá ser confirmada se ao circular sobre o pavimento, à velocidade de circulação das aeronaves, se verificar um aumento da aceleração;

M – Empolamento observável a olho nu (em pistas entre 19 e 38mm), que afeta significativamente a qualidade de circulação na sua velocidade normal;

E – Empolamento evidente (em pistas superior a 38mm) que afeta severamente a qualidade de circulação na sua velocidade normal.

Este tipo de patologia deverá medir-se em mm por unidade de superfície em m².

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Reconstruir;

E – Reconstruir.

3.4.2 Patologias de pavimentos rígidos

1) Blow up

O *blow-up* ou dilatação de lajes, caracteriza-se pela manifestação do fenómeno de subida da laje acompanhada de quebra transversal. Normalmente situam-se nas vizinhanças das juntas (ou nas vizinhanças dos dispositivos de drenagem e podem ou não ser acompanhadas de despedaçamento da laje. Deve-se à falta de espaço entre juntas no período de dilatação da laje, durante o tempo quente.

Este tipo de patologia, na generalidade, tem que ser reparada imediatamente, devido à severidade dos danos que poderá infligir às aeronaves. A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante o impacto que a dilatação e o despedaçamento da laje têm na operação e a irregularidade observada:

R – Empolamento e despedaçamento de laje que não obrigam à desativação do pavimento e apenas se manifesta uma ligeira irregularidade;

M – Empolamento e despedaçamento de laje que não obrigam à desativação do pavimento, mas já se manifesta uma irregularidade significativa;

E – Empolamento e despedaçamento de laje obrigam à desativação do pavimento.

Este tipo de patologia manifesta-se, normalmente, em fendas transversais ou em juntas. Quando acontece numa fenda afeta apenas uma laje e deverá contar-se como afetando uma laje. Quando ocorre numa junta afeta duas lajes, dever-se-ão contar duas lajes afetadas.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade, são:

R – Preencher a depressão parcial ou totalmente; substituir a laje;

M – Preencher a depressão parcial ou totalmente; substituir a laje;

E – Preencher totalmente a depressão; substituir a laje.

Note-se que deverá ser acautelada a necessidade, e salvaguardadas as juntas entre as lajes.

2) *Fracturação de canto*

A fracturação de canto, caracteriza-se pela manifestação de fraturas no canto da laje, que intersejam a metade ou menos de metade do lado, dois lados ortogonais da lajes. Caso a fratura ocorra a mais de metade do lado da laje, nem que seja em apenas um dos lados, será considerada como fracturação diagonal. A fracturação de canto distingue-se da quebra de canto pela atitude e magnitude da fenda. Na quebra, a fenda é vertical e atinge toda a espessura da laje. Na fracturação de canto, a fenda manifesta-se com um ângulo relativamente ao plano vertical. Pode dever-se ao tráfego atuando sobre uma laje descalçada (com perda de regularidade da base) ou a tensões sinusoidais.

A gravidade deste tipo de patologia escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante a fendilhação medida em milímetros de abertura das fendas, o seu material de preenchimento e a fracturação da laje, com o seu potencial para produzir *debris*:

R – Fendilhação com pouco ou nenhuma fracturação, sem qualquer possibilidade de formação de *debris*, com a área entre a fenda e o canto intacta. As fendas não preenchidas têm espessuras inferiores a 3,2mm e nas preenchidas os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória;

M – Com uma das seguintes condições: (1) fendas preenchidas ou não, moderadamente fraturadas (com algum potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas com espessuras entre 3,2mm e 25,4mm; (3) fendas preenchidas, com pouca ou nenhuma fraturação mas com os elementos finos de preenchimento em má condição; (4) área entre a fenda e o canto ligeiramente fendilhada;

E – Com uma das seguintes condições: (1) fendas preenchidas ou não, severamente fraturadas (com elevado potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas com espessuras superiores a 25,4mm (com potencial para a destruição dos pneus); (3) área entre a fenda e o canto severamente fendilhada.

Este tipo de patologia deverá ser contabilizada em número de lajes afetadas. Contar-se-á uma laje afetada pela patologia quando: (1) contenha uma fratura de canto; (2) contenha mais que uma fratura de determinada severidade; 3) contenha duas ou mais fraturas de diferentes severidades. No caso da verificação de duas ou mais fraturas, deverá ser registado o maior grau de severidade, para a laje em questão.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as fendas;

M – Selar as fendas; preencher totalmente a depressão; substituir a laje;

E – Selar as fendas; preencher totalmente a depressão; substituir a laje.

Note-se que deverá ser averiguada a condição da base da laje.

3) *Fendilhação longitudinal, transversal e diagonal*

As fendas longitudinais, transversais e diagonais, que geralmente dividem a laje em duas ou três frações, podem resultar da repetição de cargas, de tensões sinusoidais ou de tensões de contração da laje. No caso da laje surgir dividida em quatro ou mais frações, consultar a patologia de despedaçamento de laje. A fendilhação tipo fios de cabelo, da ordem dos 30cm de extensão e que não se propaga por toda a laje, deverá ser considerada como fendilhação por retração. A fendilhação de reduzida severidade, normalmente, resulta do atrito e não se considera uma falha estrutural. A fendilhação de média ou elevada severidade, normalmente, corresponde a fendilhação de serviço e considera-se falha estrutural.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante a laje seja em betão ou em betão armado, e depende da espessura, em milímetros, das aberturas das fendas, do seu material de preenchimento e do seu potencial para produzir *debris*.

Em lajes de betão simples:

R – Fendilhação definida por: (1) fendas com pouca ou nenhuma fracturação, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*, as fendas podem ou não ser preenchidas. As fendas não preenchidas têm espessuras inferiores a 3,2mm e nas preenchidas, seja qual for a sua espessura, os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória; (2) laje dividida em três frações mas com fendilhação de baixa severidade;

M – Com uma das seguintes condições: (1) fendas de qualquer espessura, preenchidas ou não, moderadamente fraturadas (com algum potencial para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas com pouca ou nenhuma fracturação, com espessuras compreendidas entre 3,2mm e 25,4mm; (3) fendas preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação, mas com os elementos finos de preenchimento em má condição; (4) laje dividida em três frações, por duas ou mais fraturas, em que pelo menos uma delas é de severidade média;

E – Com uma das seguintes condições: (1) fendas de qualquer espessura, preenchidas ou não, severamente fraturadas (com potencial assumido para produzir *debris*); (2) fendas não preenchidas com espessuras médias superiores a 25,4mm, com potencial para danificar os pneus.

Em lajes de betão armado:

R – Fendilhação definida por (1) fendas com pouca ou nenhuma fracturação, preenchidas com espessuras entre 3,2mm e 12,7mm, nas preenchidas, seja qual for a sua espessura, os elementos finos de preenchimento têm uma condição satisfatória; (2) fendas com fracturação ligeira, preenchidas ou não preenchidas, com espessuras inferiores a 12,7mm; (3) fendas sem fracturação, com fendas preenchidas, qualquer que seja a sua espessura;

Note-se que fendas com espessura inferior a 3,2mm e sem fracturação deverão ser consideradas como fendilhação por retração.

M – Com uma das seguintes condições: (1) fendas não preenchidas, com pouca ou nenhuma fracturação, com espessuras compreendidas entre 12,7mm e 25,4mm; (2) fendas preenchidas, seja qual for a sua espessura, com falhas se espessura superior a 9,6mm ou com quebras de média severidade;

E – Com uma das seguintes condições: (1) fendas não preenchidas, de espessura superior a 25,4mm; (2) fendas não preenchidas, de qualquer espessura, com falhas superiores a 9,6mm ou com lasqueamento de média severidade; (3) fendas preenchidas, de qualquer espessura, com falhas superiores a 9,6mm ou com quebras de elevada severidade.

Após a identificação da severidade, a patologia deverá ser contabilizada na laje em que aparece. A patologia será reportada em números de lajes afetadas. Caso a laje tenha sido reparada por um remendo pequeno, apenas se deverá contabilizar a fendilhação.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as fendas;

M – Selar as fendas;

E – Selar o pavimento; remendar totalmente, substituir a laje.

4) Fendilhação por envelhecimento

A fendilhação por envelhecimento apresenta, normalmente, um padrão de fendas paralelas às juntas e às fraturas. É vulgar o escurecimento da laje na envolvente das fendas mais finas. Este tipo de fendilhação deve-se ao facto do betão suportar mal as amplitudes térmicas ao longo do tempo, e pode conduzir à desintegração da laje em porções de 0,3 a 0,6m.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante a magnitude de ocupação da laje; consoante a desintegração que provoca e segundo o e seu potencial para produzir *debris*:

R – Fendilhação tipo fios de cabelo, ocupando uma pequena parte da laje, tal como um ou dois cantos ou ao longo de uma das juntas. Com pouca ou nenhuma desintegração da laje, sem qualquer possibilidade de formação de *debris*;

M – Com uma das seguintes condições: (1) fendilhação que ocupa uma parte considerável da laje, com pouca ou nenhuma desintegração da laje, sem possibilidade

de formação de *debris*; (2) fendilhação que ocupa uma pequena parte da laje, mas com desintegração e perda de alguns bocados, com algum potencial para produzir *debris*;

E – Fendilhação que ocupa grande parte da laje, com desintegração da mesma e com elevado potencial para produzir *debris*).

Após a identificação da severidade, a patologia deverá ser contabilizada na laje em que aparece. A patologia será reportada em números de lajes afetadas. Caso, na mesma laje, se manifeste a patologia com diferentes graus de severidade, deverá ser reportado o maior grau de severidade. Caso se contabilize esta patologia, na mesma laje, não deverá ser contabilizada a patologia rede de fendilhação.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as juntas;

M – Remendar totalmente; reconstruir as juntas;

E – Remendar totalmente, reconstruir as juntas; substituir a laje.

5) *Deterioração de junta*

A deterioração de junta consiste em qualquer condição que possibilite a acumulação de material ao longo da junta, ou que faculte a infiltração de água ao longo da junta. A acumulação de material incompressível ao longo da junta vai impossibilitar que esta trabalhe livremente, o que poderá dar origem a fenómenos de fendilhação, quebra ou sobreelevação da laje. Um bom material de preenchimento de juntas que adira perfeitamente às lajes propiciará a impossibilidade de acumulação de material ou de infiltração de água, a qual poderá contribuir para a erosão da base do pavimento. Há vários tipos de deterioração de juntas: (1) rompimento do selante; (2) extrusão do selante; (3) crescimento de erva; (4) endurecimento do selante; (5) perda de aderência do selante às juntas; (6) falta ou ausência de selante na junta.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada consoante a condição do selante:

R – O selante encontra-se genericamente em boas condições e cumpre a sua função, apresentando apenas pequenas porções de qualquer dos tipos de deterioração acima referidos;

M – O selante encontra-se genericamente em condições razoáveis ao longo de toda a área inspecionada, com um ou mais tipos de deterioração acima referidos se bem que com severidade moderada. Com necessidade de substituição do selante num prazo máximo de dois anos;

E – O selante encontra-se genericamente em más condições ao longo de toda a área inspecionada, com um ou mais tipos de deterioração acima referidos com severidade elevada. Com necessidade de substituição imediata do selante.

A contagem da patologia far-se-á para a generalidade da área inspecionada e não laje a laje.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Selar as juntas;

E – Selar as juntas.

6) Pequenos remendos

Um remendo é um local em que o pavimento original foi substituído. É considerado um defeito, não obstante o seu comportamento. Para efeitos de avaliação da condição dividem-se os remendos em pequenos (área inferior a 1,5m²) e grandes (área superior a 1,5m²).

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada consoante a condição e o comportamento do remendo:

R – Remendo com pouca ou nenhuma deterioração e com um comportamento satisfatório;

M – Remendo ligeiramente deteriorado e com ligeira desagregação dos bordos. O material do remendo poderá desagregar-se sob grandes esforços com um potencial moderado para produzir *debris*;

E – Remendo muito deteriorado, com desagregação ou com fendilhação, com um elevado potencial para produzir *debris*.

No caso de existência de um ou mais pequenos remendos, com o mesmo nível de severidade numa laje, será contada uma laje com essa patologia. Se na mesma laje se observarem pequenos remendos com diferentes graus de severidade será registado o maior grau de severidade.

Se consistir no remendo de uma fenda estreita (entre 102 a 254 mm) contabilizar-se-á a fendilhação e não o remendo. No caso da severidade da patologia que deu origem ao remendo ser superior à do remendo então também se deverá contabilizar a patologia original.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

- R – Não intervir;
- M – Substituir o remendo;
- E – Substituir o remendo.

7) *Grandes remendos*

Como referido na descrição referente aos pequenos remendos, para efeitos de avaliação da condição dividem-se os remendos em pequenos (área inferior a 1,5m²) e grandes (área superior a 1,5m²). Os grandes remendos, ou cortes do pavimento, realizam-se para reparar problemas com origem na base do pavimento.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada consoante a condição e o comportamento do remendo:

- R – Remendo com pouca ou nenhuma deterioração e com um comportamento satisfatório;
- M – Remendo ligeiramente deteriorado e com ligeira desagregação dos bordos. O material do remendo poderá desagregar-se sob grandes esforços, com um potencial moderado para produzir *debris*;
- E – Remendo muito deteriorado, com desagregação ou com fendilhação, com um elevado potencial para produzir *debris*.

No caso de existência de um ou mais grandes remendos, com o mesmo nível de severidade numa laje, será contada uma laje com essa patologia. Se na mesma laje se observarem grandes remendos com diferentes graus de severidade será registada a patologia com o maior grau de severidade.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

- R – Não intervir;
- M – Selar as fissuras; reparar a área afetada; substituir o remendo;
- E – Substituir o remendo; substituir a laje.

8) *Popout*

Um *popout* consiste num buraco à superfície do pavimento, causado pela expulsão de uma pequena partícula devido à retração do betão durante o período frio conjugado com a presença de agregados expansivos. Esses buracos têm diâmetros que oscilam entre 25,4 e 102mm e profundidades entre os 12,7 e os 50,8mm.

Não se definem graus de severidade para esta patologia. Apenas se deverá registar a mesma no caso de a mesma se manifestar consideravelmente, ou seja, caso o número médio de *popouts* por m² seja 3, na totalidade das lajes. Deverá medir-se a densidade da patologia por m², por laje.

Esta patologia deverá ser assumida e não se deverá reparar.

9) *Pumping*

O *pumping* consiste na expulsão de material, nas juntas ou fendas, provocada pela água durante a deflexão da laje quando solicitada pela passagem das aeronaves. A expulsão da água arrasta consigo partículas de saibro, areia, argila ou lama, provenientes da base, o que dá origem ao descalçamento da mesma. A patologia é observável quando se verifique a presença desses materiais na envolvente das juntas ou fendas. O *pumping* nas juntas significa falha do selante e a perda da regularidade da base da laje, que dará origem à sua fracturação, sob a solicitação das aeronaves.

Não se definem graus de severidade para esta patologia. Basta que se assinale a presença da patologia. Conta-se em número de lajes afetadas, por exemplo o *pumping* ao longo de uma junta contar-se-á como duas lajes afetadas pela patologia, caso as outras juntas da mesma laje também sejam afetadas, contar-se-ão as lajes contíguas, afetadas pela mesma patologia.

As opções para a eliminação desta patologia, passam por selar as fissuras e as juntas e por selar a fundação.

10) *Rede de fissuração*

As fendas tipo rede de fissuração, referem-se a uma rede de fissuras superficiais finas ou do tipo fio de cabelo, que tendem a interseccionar-se em ângulos de 120°. Este tipo de patologia normalmente resulta do acabamento superficial do betão e pode levar a que a laje estale à

superfície (em fendas de 6,4 a 12,7mm de profundidade) mas também pode resultar do degelo de sais, ciclos de congelamento do betão, defeitos de construção ou agregado deficiente. Outra fonte causadora deste tipo de patologia é a reação entre alguns elementos alcalinos do cimento (Na_2O e K_2O) e certos minerais dos agregados, dão origem a substâncias expansivas que provocam a quebra do betão. Este tipo de patologia observa-se em toda a laje e não apenas nas juntas como a fendilhação por envelhecimento.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante a área de laje que afeta, a condição apresentada pela superfície da laje e o seu potencial para produzir *debris*.

R – Fendilhação da superfície ao longo de toda a laje com ausência de fracturação, a laje apresenta uma boa condição;

Um nível reduzido de severidade deste tipo de patologia, poderá evoluir para uma laje estalada. A patologia apenas deverá ser contabilizada se o inspetor achar que a patologia pode evoluir num prazo de 2 a 3 anos.

M – A laje está estalada em 5% ou menos da laje, com algum potencial para produzir *debris*;

E – A laje está severamente estalada e tem um potencial elevado para produzir *debris*, normalmente afetando mais do que 5% da área da laje.

Após a identificação da severidade a patologia deverá ser contabilizada na laje em que aparece. A patologia será reportada em números de lajes afetadas. Caso se observem na mesma laje diferentes graus de severidade, deverá ser registado apenas o maior. Caso se contabilize a patologia de fendilhação por envelhecimento, então já não se deverá contabilizar a fendilhação do tipo rede de fissuração.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Remendar parcialmente; substituir a laje;

E – Substituir a laje.

11) Desnivelamento

O desnivelamento de juntas de lajes ou de fraturas nas lajes consiste numa diferença de cotas que se deve à subida ou ao assentamento da laje.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante o desnível observado, em mm e o decréscimo na qualidade da rolagem que lhe está associado:

R - Desnível de pequena escala, que pouco afeta a qualidade de circulação. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade a amplitude altimétrica é inferior a 6,4mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento a amplitude altimétrica situa-se entre os 3,2 e os 12,7mm;

M – Desnível significativo que afeta a qualidade de circulação. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade a amplitude altimétrica situa-se entre 6,4mm e 12,7mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento a amplitude altimétrica situa-se entre 12,7mm e 25,4mm;

E – Desnível extremamente evidente, que afeta severamente a qualidade de circulação. Em pistas e caminhos de circulação de alta velocidade amplitude altimétrica superior a 12,7mm. Em outros caminhos de circulação e placas de estacionamento amplitude altimétrica superior a 25,4mm.

O desnível entre duas lajes deverá contar-se como uma laje, para efeitos de medição dever-se-á apoiar um nível, que pode ser uma régua, e medir o desnível.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir;

M – Nivelar a laje;

E – Nivelar a laje; substituir a laje.

Deverá também analisar-se o estado do selante das juntas, procurar a existência de vazios e equacionar a hipótese de selagem da fundação e das juntas.

12) Fracturação / Quebra de laje

Este tipo de patologia caracteriza-se pela existência de fraturas na laje, que se intersectam e a dividem em 4 ou mais frações, devido à sobrecarga ou à falta de estabilidade da base da laje. No caso de maior severidade, a patologia definir-se-á como quebra de laje. No caso de se

observarem fraturas de canto em todas as frações, a patologia será denominada fracturação de canto de elevada severidade.

A sua gravidade escalona-se em reduzida, média e elevada, consoante o número de frações em que a laje está dividida e consoante a severidade das fraturas:

R – Laje fraturada em 4 ou 5 frações com a maioria das fraturas (mais de 85%) de reduzida severidade;

M – Com uma das seguintes condições: (1) laje fraturada em 4 ou 5 frações com mais de 15% das fraturas de média severidade; (2) laje fraturada em 6 ou mais frações com mais de 85% das fraturas de reduzida severidade;

E – Neste caso a patologia denomina-se quebra de laje. Com uma das seguintes condições: (1) laje fraturada em 4 ou 5 frações, algumas fraturas de elevada severidade; (2) laje fraturada em 6 ou mais frações com mais de 15% das fraturas de média ou elevada severidade.

Caso se registem níveis de severidade médios e elevados para esta patologia, não deverão contabilizar-se outros tipos de patologias tais como: fendilhação por envelhecimento; rede de fendilhação; quebras de junta ou de canto, pois esta patologia é muito mais condicionante.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Selar as fraturas;

M – Selar as fraturas, remendar totalmente; substituir a laje;

E – Remendar totalmente, substituir a laje.

13) Fendilhação por retração

A fendilhação por retração manifesta-se através do aparecimento de fissuras tipo fio de cabelo que normalmente não se estendem a toda a laje. As mesmas aparecem durante o processo de cura do betão e muito dificilmente se propagarão ao longo de toda a espessura da laje.

Não se definem graus de severidade para esta patologia, basta que se assinale a sua existência. A patologia é reportada em número de lajes afetadas.

A patologia deverá ser assumida e não é necessário que se repare.

14) *Quebra de juntas*

A quebra de juntas caracteriza-se pela existência de fraturas dos lados da laje, a cerca de meio metro da junta, normalmente, não se desenvolve ao longo de todo esse lado, intersetando a junta num ângulo. Este tipo de fendilhação deve-se à sobrecarga da junta provocada ou pela infiltração de materiais incompressíveis ou pelas cargas das aeronaves. A fraqueza do betão na imediação da junta (devido à sobrecarga) combinada com a ação das cargas das aeronaves, também pode dar origem a esta patologia.

A sua gravidade escala-se em reduzida, média e elevada, consoante o comprimento da fratura; consoante o número de frações em que a laje se encontra dividida, consoante o comportamento da junta e segundo o seu potencial para produzir *debris*.

R a) Quebra de junta de comprimento superior a 0,6m. Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em não mais de 3 frações, definidas por fraturas de baixa a média severidade, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*; (2) a junta encontra-se ligeiramente deteriorada, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*;

 b) Quebra de junta de comprimento inferior a 0,6m. A lasca formada pela quebra encontra-se fragmentada, se bem que com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris* ou de provocar estragos nos pneus das aeronaves;

M a) Quebra de junta de comprimento superior a 0,6m. Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em mais de 3 frações, definidas por fraturas de baixa a média severidade, (2) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em não mais de 3 frações, definidas por pelo menos uma fratura de elevada severidade, com algum potencial para produzir *debris*; (3) a junta encontra-se moderadamente deteriorada, com alguma possibilidade de formação de *debris*;

 b) Quebra de junta de comprimento inferior a 0,6m. A lasca formada pela quebra encontra-se fragmentada, com ausência de alguns fragmentos, com notável possibilidade de formação de *debris* ou de provocar estragos nos pneus das aeronaves;

E – Quebra de junta de comprimento superior a 0,6m. Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em mais de 3 frações, definidas por pelo menos uma fratura de elevada severidade, com elevada possibilidade de formação de *debris*, (2) a junta encontra-se severamente deteriorada, com elevada possibilidade de formação de *debris*;

Após a identificação da severidade, a patologia deverá ser contabilizada na laje em que aparece. A patologia será reportada em números de lajes afetadas. Caso, na mesma laje, se manifeste a patologia com diferentes graus de severidade, deverá ser reportado o maior grau de severidade. No caso de a patologia se propagar a outra laje, então ambas as lajes deverão ser contabilizadas.

Caso a quebra de junta seja inferior a 0,6m e apenas se observe que a junta está ligeiramente deteriorada, ou caso a lasca seja tão pequena que possa ser reparada durante a selagem de juntas, então não se deverá contabilizar esta patologia.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

R – Não intervir; selar as juntas;

M – Remendar parcialmente;

E – Remendar parcialmente.

15) *Quebra de cantos*

A quebra de canto caracteriza-se pela existência de uma fratura da laje a sensivelmente meio metro do canto. A fracturação de canto distingue-se da quebra de canto pela atitude e magnitude da fenda. Na quebra a fenda é vertical e atinge toda a espessura da laje. Na fracturação de canto a fenda manifesta-se com um ângulo relativamente ao plano vertical.

A sua gravidade escalonar-se em reduzida, média e elevada, consoante o número de frações em que a laje se encontra dividida e segundo o seu potencial para produzir *debris*:

R – Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em não mais de 2 frações definidas por fraturas de baixa severidade, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*; (2) a lasca é definida por uma fratura de média severidade, com pouca ou nenhuma possibilidade de formação de *debris*;

M – Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em 2 ou mais frações definidas por fraturas de média severidade, com a ausência de alguns fragmentos; (2) a lasca é definida por uma fratura de elevada severidade acompanhada por fendilhação do tipo fio de cabelo; (3) a lasca está de tal forma deteriorada que os fragmentos soltos possibilitam a formação de *debris*;

E – Com uma das seguintes condições: (1) a lasca formada pela quebra encontra-se dividida em 2 ou mais frações, definidas por fraturas de elevada severidade, com a ausência de alguns fragmentos; (2) a ausência de fragmentos da lasca é tal, que conduz à possibilidade de causar estragos nos pneus; (3) a lasca está de tal forma deteriorada que os fragmentos soltos possibilitam fortemente a formação de *debris*.

Após a identificação da severidade, a patologia deverá ser contabilizada na laje em que aparece. A patologia será reportada em números de lajes afetadas. Caso, na mesma laje, se manifeste a patologia com diferentes graus de severidade, deverá ser reportado o maior grau de severidade.

As opções para a eliminação desta patologia, consoante a sua severidade são:

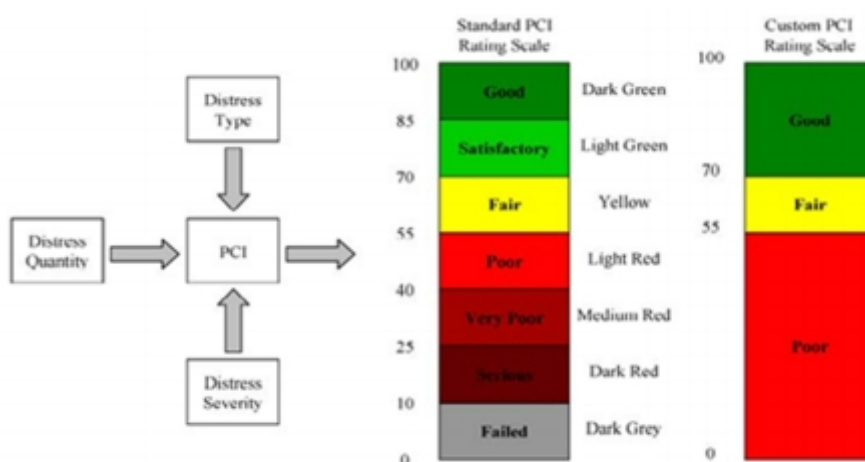
R – Não intervir;

M – Remendar parcialmente;

E – Remendar parcialmente.

3.5 Cálculo do PCI

O PCI (*Pavement Condition Index*) é um índice da condição do pavimento que se determina a partir de uma inspeção visual e se traduz num número entre 0 e 100, em que 0 corresponde a um pavimento em ruína e 100 a um pavimento excelente.



Fonte: <http://www.paver.colostate.edu/software.php>, consultada a 10/11/2011

Figura 21 – PCI

O cálculo do PCI faz-se em conformidade com a norma ASTM D 5340-11 “*Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*”⁴². Muito sucintamente este cálculo faz-se em quatro passos:

- 1.º - Faz-se a divisão das zonas em troços e seleccionam-se os troços a inspecionar. As zonas são diferentes locais da área de movimento (pistas; caminhos de circulação e placas de estacionamento). Os troços, ou secções, são locais com características semelhantes ou de constituição ou de utilização do pavimento, tráfego, etc.. O número de unidades amostrais a inspecionar é determinado tendo em consideração o número total de unidades da amostra e corresponde aproximadamente a uma unidade amostral por 450m² de pavimento flexível ou a 20 lajes de pavimento rígido (conforme já descrito no ponto 3.3);
- 2.º - Identificam-se, classificam-se e registam-se as patologias de cada unidade amostral conforme definido no ponto 3.4, de acordo com o Quadro 1;
- 3.º - Calcula-se o PCI de cada troço/secção com base na gravidade e tipologia das patologias observadas (quantidade de patologias; densidade de patologias; determinação do valor deduzido; cálculo do valor deduzido corrigido; obtenção do PCI do troço);
- 4.º - Calcula-se o PCI da zona e classifica-se em conformidade.

⁴² ASTM, 2010

4 PARÂMETROS FUNDAMENTAIS PARA A CARACTERIZAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS AERONÁUTICOS

4.1 Introdução

Após a fase de diagnóstico, para a avaliação funcional de um pavimento torna-se necessária a caracterização da condição funcional, que consiste na caracterização de parâmetros fundamentais: coeficiente de atrito; textura; irregularidade e contaminação e posterior comparação com valores de referência.

Os programas de manutenção de aeródromos, devem atentar para a necessidade de uma fiscalização eficaz das características funcionais da superfície das pistas através de um planejamento adequado de campanhas de medição: do coeficiente de atrito; da textura; da regularidade e da contaminação, conjugado com metodologias de registo e análise de resultados obtidos, por comparação com os valores de referência, bem como a previsão de medidas a adotar face aos resultados.

Neste capítulo, para cada um desses parâmetros fundamentais, procede-se: à definição/caracterização do parâmetro; descrição das suas principais condicionantes; explicação da influência que cada um deles tem na segurança das operações de aeronaves; referência ao requisito que estabelece a necessidade de medição do parâmetro; bem como às periodicidades e incidências das medições; equipamentos de medições e interpretação de resultados por referência a níveis que se estabelecem e ainda à descrição das medidas a tomar face aos resultados das medições de cada um dos parâmetros.

4.2 Coeficiente de atrito

4.2.1 Definição

Segundo o *National Cooperative Highway Research Program* NCHRP⁴³ o atrito dos pavimentos é a força resistente ao movimento que se desenvolve entre o pneu do veículo e a superfície do pavimento. O atrito caracteriza a rugosidade desenvolvida entre duas superfícies em contacto, variando numa razão direta de proporcionalidade, quanto maior o atrito maior a força de contacto entre as superfícies.

O coeficiente de atrito (μ) expressa de uma forma adimensional a relação entre a força tangencial de atrito que se desenvolve entre o pneu e o pavimento (F_R) e a força normal de reação à carga transmitida pela roda ao pavimento (F_N).

$$\mu = \frac{F_R}{F_N} \text{ (eq. 6)}$$

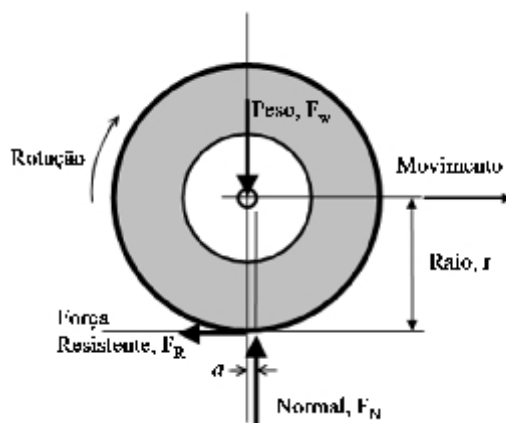
4.2.2 Atrito vs condições de operação

Muito embora exista o atrito estático (μ_e), pneu e pavimento em repouso, para os fenómenos a analisar no presente estudo apenas tem interesse a caracterização do coeficiente de atrito dinâmico (μ_d), porque a pertinência deste parâmetro apenas se verifica na presença de movimento, aquando da circulação da aeronave (aterragens e descolagem). O atrito não é independente das condições de operação das aeronaves, assim, e tendo apenas em conta o atrito dinâmico (μ_d) deverão perspetivar-se os casos: de rolagem livre; de travagem; de viragem; de subida/descida; de sujeição a vento cruzado e ainda os casos de combinação de viragem com travagem. Nos casos da rolagem livre e da travagem desenvolve-se força de atrito longitudinal. Nos casos de viragem, subida/descida e presença de ventos cruzados desenvolvem-se forças tangenciais. Nos casos de combinação de travagem com viragem há uma interação entre forças longitudinais e transversais.

⁴³ Hall, J.W et al, 2009, pág. 19

4.2.2.1 Rolagem livre

Quando uma roda gira livremente sobre o pavimento, a força normal de reação do pavimento ao rolamento, numa superfície pavimentada e seca é a exemplificada na Figura 22.



Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 21

Figura 22 - Força de resistência, roda em movimento, superfície seca

A força do pavimento exerce-se no centro do contacto pneu/pavimento, o qual está desviado do centro do pneu. Esse desvio é representado pelo parâmetro (a), o qual gera um momento que deverá ser vencido para que a roda gire. A força necessária para fazer face a esse momento é denominada força de resistência de deslocação (F_R). O valor do desvio (a) é função da velocidade e aumenta com o aumento da mesma, assim também o valor de (F_R) aumentará com o aumento da velocidade.

Aquando da rolagem livre da aeronave não se verifica derrapagem, a velocidade de derrapagem (velocidade relativa entre o pneu e a superfície do pavimento) é nula. Na equação 7 é explicada a velocidade de derrapagem como função da velocidade da aeronave:

$$S = V - V_p = V - (\dot{S} \times r) \text{ (eq. 7)}$$

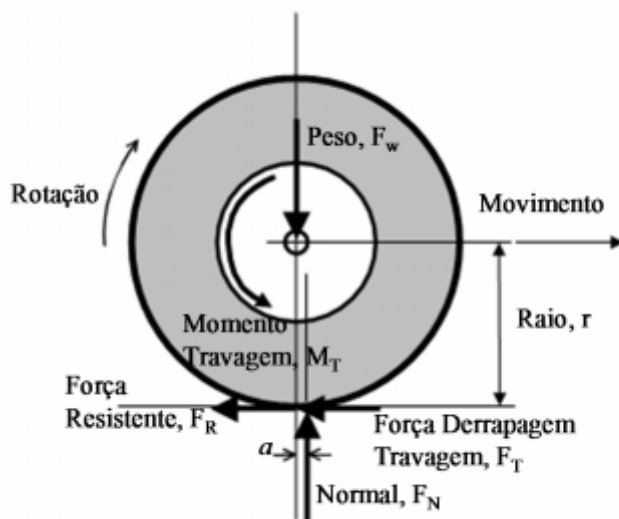
Na qual:

- S = Velocidade de derrapagem, em m/s;
- V = Velocidade da aeronave, em m/s;
- V_p = Velocidade média do pneu, m/s;
- = Velocidade angular do pneu, rad/s;
- r = raio do pneu, m.

Nesta fase, de rolamento livre do pneu, a velocidade do pneu (V_p) é igual à velocidade da aeronave (V) e portanto (S) é igual a zero.

4.2.2.2 Travagem

Durante a travagem de uma roda, a força normal de reação do pavimento à rolagem numa superfície pavimentada e seca é a exemplificada na Figura 23.



Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 21

Figura 23 - Forças e momentos de resistência, roda em travagem, superfície seca

Neste caso para além da força de resistência de deslocação (F_R) que se desenvolve para fazer face ao momento gerado pelo desvio (a), para vencer o momento causado pela travagem (M_T) será exigida uma força adicional designada força de derrapagem de travagem (F_T). Em situações de travagem, a força de atrito será a soma das duas forças resistentes, (F_R) e (F_T). Aquando da travagem, a velocidade de derrapagem aumenta de zero até um potencial máximo da velocidade da aeronave. Antes do início da travagem a derrapagem é nula porque é o valor correspondente ao rolamento livre. Na fase da roda totalmente travada, (V_p) é igual a zero e portanto a velocidade de derrapagem atinge o seu valor máximo, igual à velocidade da aeronave, (S) é igual a (V). Esta situação é vulgarmente denominada taxa de derrapagem de 100%. A taxa de derrapagem será calculada com a fórmula da equação 8:

$$SR = \frac{V - V_p}{V} \times 100 = \frac{S}{V} \times 100 \text{ (eq. 8)}$$

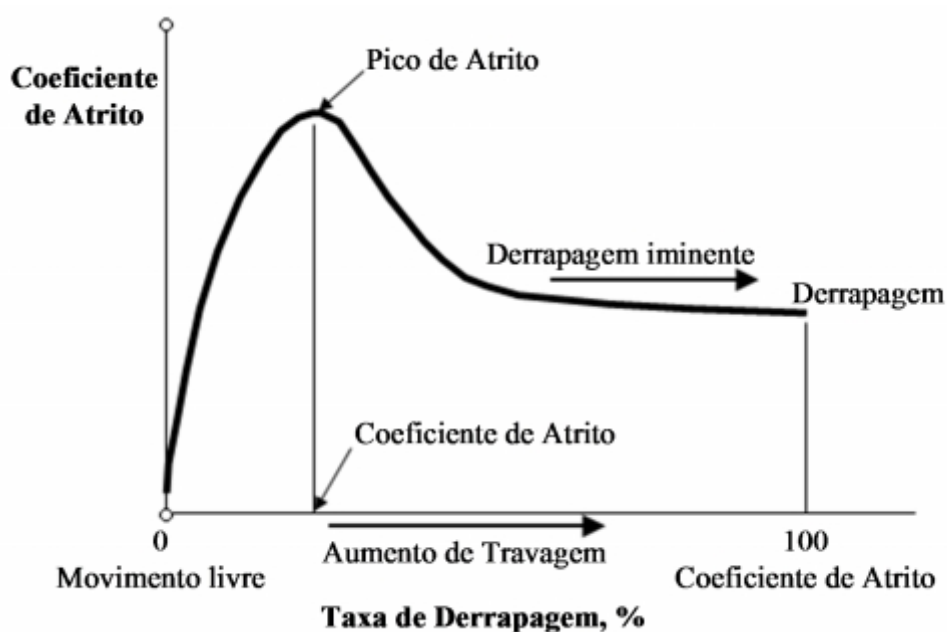
Na qual: SR = Taxa de derrapagem, em percentagem %;

V = Velocidade da aeronave, em m/s;

V_p = Velocidade média do pneu, m/s;

S = Velocidade de derrapagem, m/s;

A taxa de derrapagem dos pneus faz variar o coeficiente de atrito, como observável na Figura 24.



Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 22

Figura 24 - Coeficiente de atrito vs. taxa de derrapagem

Durante a manobra de travagem, na fase de aumento da taxa de derrapagem até aos 10 a 20% o coeficiente de atrito aumenta rapidamente e atinge o seu valor máximo, aliás o fundamento do sistema ABS assenta neste princípio, fazendo com que as rodas travem e destravem repetidamente de modo a que os valores da taxa de derrapagem se situem entre os 10 e os 20% para que os valores do coeficiente de atrito sejam sempre os de pico. A partir desse valor, para maiores taxas de derrapagem o coeficiente de atrito diminui até ao seu mínimo, que ocorre para a taxa de derrapagem de 100%, normalmente designado por coeficiente de atrito de derrapagem. Note-se que a diferença entre o valor máximo de coeficiente de atrito e o valor de coeficiente de atrito de derrapagem pode chegar aos 50% e que é maior em pavimentos molhados do que em pavimentos secos.

4.2.2.3 Viragem, subida/descida e presença de ventos cruzados

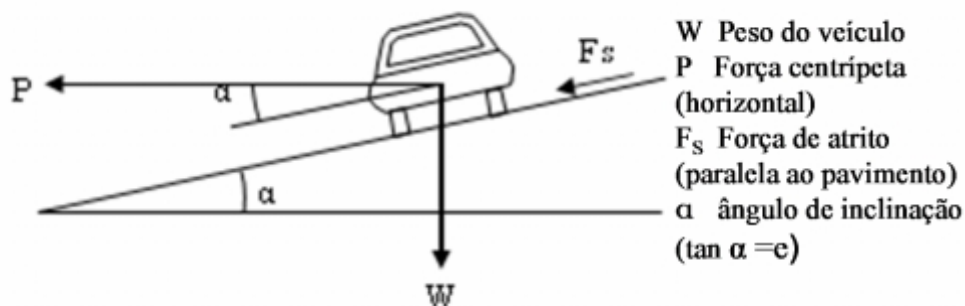
Aquando de manobras de viragem, subida ou descida e na presença de ventos cruzados desenvolve-se uma força tangencial. A relação das forças atuantes na roda é a expressa na equação 9.

$$F_s = \frac{V^2}{9,8R} - e \quad (\text{eq. 9})$$

Na qual:

- F_s = Força de atrito transversal;
- V = Velocidade da aeronave, em m/s;
- R = Raio da curva descrita pela aeronave, m;
- e = inclinação transversal ou sobrelevação, m/m;

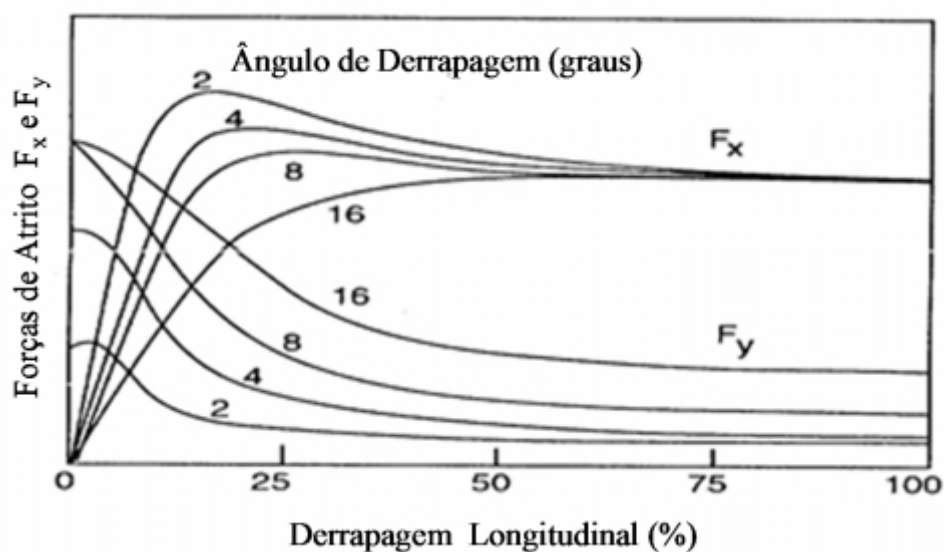
Esta equação baseia-se no diagrama de forças da Figura 25 que demonstra a força de viragem e que exemplifica como é que a atuação da força de atrito lateral compensa a força centrípeta desenvolvida durante o movimento lateral.



Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 23
Figura 25 - Diagrama de forças atuantes num veículo

4.2.2.4 Travagem e viragem

Durante as manobras de travagem e viragem em simultâneo há uma presença cumulativa de forças longitudinais e transversais e uma interação entre elas. Interação que varia numa razão de proporcionalidade inversa. Aquando da travagem a força lateral decresce, aquando da viragem a força de travagem decresce. A partir de determinadas taxas de derrapagem, dependendo do ângulo de derrapagem, ambas as forças de atrito decrescem, quer a de travagem quer a lateral, como pode ser observado na Figura 26.

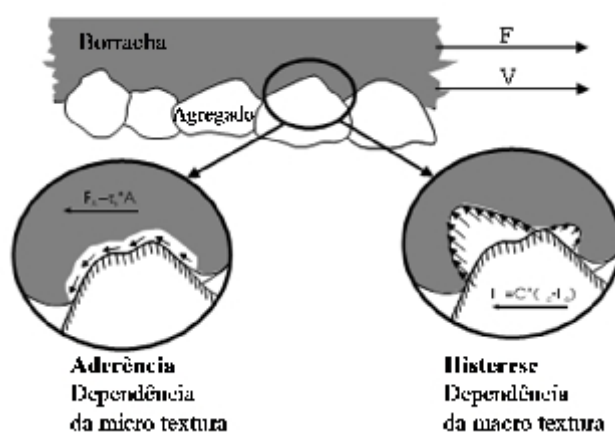


Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 24

Figura 26 - Força de travagem (F_x) e força lateral (F_y) vs. derrapagem

4.2.3 Mecanismos de atrito

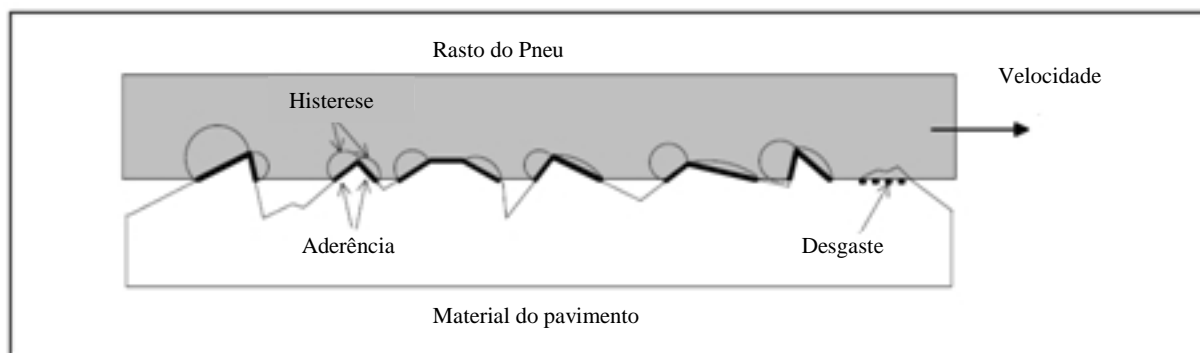
Entre os mecanismos que levam ao desenvolvimento do atrito os principais são a aderência e a histerese, em pistas não pavimentadas ainda se desenvolve o mecanismo de desgaste, como descrito por Andersen & Wambold, 1999, citado no NCHRP⁴⁴ observável na Figura 27.



Fonte: adaptado de Hall, J.W et al, NCHRP, 2009, pág. 25

Figura 27 - Principais componentes do atrito em pistas pavimentadas

⁴⁴ Hall, J.W et al, 2009, pág. 25



Fonte: adaptado de Andersen & Wambold, 1999, pág. 48

Figura 28 - Principais componentes do atrito em pistas não pavimentadas

4.2.3.1 Aderência

Segundo o NCHRP⁴⁵, a aderência reflete a pequena escala de contacto entre a borracha do pneu e a superfície da pista e é uma função da interface entre a força de corte e da área de contacto, assim, será condicionada pela microtextura do agregado. A força de atrito devida à aderência é proporcional à área de contacto real entre o pneu e as rugosidades da superfície do pavimento. Esta é a componente de atrito principal em situações de pista seca e para microtexturas polidas.

4.2.3.2 Histerese

Segundo o NCHRP⁴⁶ a histerese é o atrito resultante da perda de energia devida à deformação do pneu da aeronave. Durante a compressão do pneu contra a superfície do pavimento, gera-se energia que é armazenada pela borracha do pneu, assim que se dá a descompressão parte dessa energia é recuperada e parte é libertada sob a forma de calor (fenómeno de histerese). É essa libertação de energia que promove um envolvimento do pneu em torno da macrotextura da superfície do pavimento e que contribui para a paragem do movimento, a histerese será assim condicionada pela macrotextura. Esta é a componente de atrito principal em situações de pista molhada e para microtexturas rugosas.

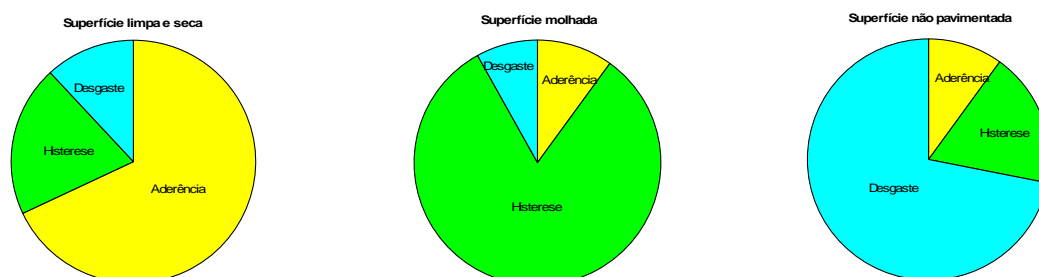
4.2.3.3 Desgaste

A força de atrito devida ao desgaste constitui o mecanismo de atrito mais relevante no caso de superfícies não pavimentadas, esta força de atrito aumenta com a área de contacto na faixa de rodagem.

⁴⁵ Hall, J.W et al, 2009, pág. 24

⁴⁶ Hall, J.W et al, 2009, pág. 25

As variações de importância de cada mecanismo de atrito, segundo as condições da pista, são as apresentadas na Figura 29



Fonte: Adaptado de Rodrigues Filho, O.S. 2006, pág. 57

Figura 29 – Aderência, histerese e desgaste em função da superfície da pista

4.2.4 Fatores condicionantes do atrito

O atrito depende de uma multiplicidade de fatores, não é uma propriedade intrínseca do pavimento. Depende das características do pavimento (textura: micro e macro; irregularidade e propriedades dos materiais constituintes do pavimento); das propriedades dos pneus (pressão de enchimento; rasto: geometria e condição; composição da borracha; temperatura e carga); das condições de operação da aeronave (velocidade de derrapagem: velocidade de circulação da aeronave e travagem; manobra de viragem) das condições da envolvente (temperatura; água: chuva e condensação; neve e gelo; vento; contaminantes: borracha, lama, musgo, debris, areia; sal e outros antiderrapantes).

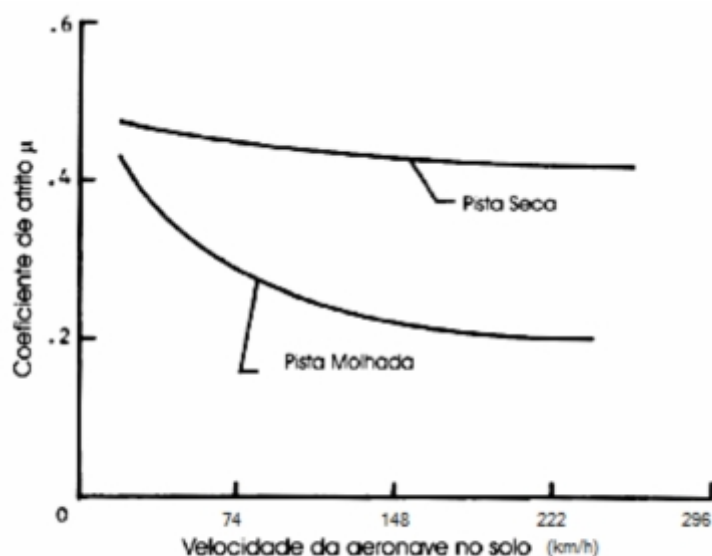
De entre todos, aqueles em que os engenheiros responsáveis pelas infraestruturas aeronáuticas podem atuar diretamente são todos os que se relacionam com o pavimento e relativamente à envolvente, os contaminantes.

4.2.5 Importância do atrito

O atrito é a variável que permite o controlo direcional e a possibilidade de imobilização da aeronave, assim, quando associado aos parâmetros de traçado da pista, tornam-se fundamentais para a garantia da segurança das operações. A aderência pneu/pavimento que será tanto melhor quanto melhores as características superficiais (entre as quais o atrito) contribuirá para a redução da distância de paragem das aeronaves e para a possibilidade do controlo direcional durante as manobras de aterragem e de descolagem, principalmente caso a superfície esteja molhada. A presença de uma lâmina de água entre o pneu e o pavimento poderá impossibilitar o contacto entre as duas superfícies e dar origem à hidroplanagem.

4.2.6 Hidroplanagem

A presença de água na pista é uma condicionante muito significativa do atrito. Em pistas molhadas os coeficientes de atrito são inferiores. A aderência pneu pavimento nas pistas molhadas é menor porque há uma lâmina de água que não permite o total contacto entre o pneu e o pavimento, ainda que os rastros dos pneus sejam desenhados para promover a expulsão de parte dessa água. Cumulativamente, com o aumento da velocidade o intervalo de tempo do contacto entre o pneu e o pavimento reduz-se, fazendo decrescer ainda mais o fenómeno da expulsão da água, o que provoca a diminuição da aderência que é uma componente fundamental para a resistência à derrapagem. Daí a diminuição drástica do coeficiente de atrito com o aumento da velocidade, em pistas molhadas, como observável na Figura 30, que representa as curvas referentes às variações do coeficiente de atrito em função da velocidade para uma pista de betão enquanto seca e enquanto molhada, relativa à aeronave 880 Jet com o sistema *antiskid* ativado.



Fonte: Adaptado de Rodrigues Filho, O.S. 2006, pág. 74

Figura 30 – Variação do atrito com a velocidade em pista seca e molhada

A hidroplanagem acontece, para determinadas velocidades, quando o contacto entre o pneu e o pavimento deixa de existir, face à película de água, à contaminação ou à presença de gelo. Durante a circulação de uma aeronave numa pista coberta por água, os pneus promovem a expulsão da água permitindo o contacto com o pavimento e o avanço da roda. Do impulso transmitido pelo pneu à água resulta uma onda de pressão de correspondente intensidade, pressão esta, que por sua vez promove a deformação do pneu. Para valores críticos da lâmina

de água e da velocidade, a água não permite o contacto entre o pneu e o pavimento e dá-se a hidroplanagem dinâmica completa, na qual não se verificam quaisquer perdas de energia cinética por aderência, apenas com perdas por histerese.

Segundo a ICAO⁴⁷, três tipos de hidroplanagem podem acontecer: viscosa; dinâmica e por desvulcanização da borracha.

4.2.6.1 Viscosa

A hidroplanagem viscosa pode acontecer mesmo a velocidades reduzidas, caso o fenómeno da viscosidade não permita a expulsão da água sob o rasto do pneu, o que apenas acontece caso a superfície seja extremamente lisa (polimento do agregado ou acumulação de borracha). Este tipo de hidroplanagem acontece durante a travagem (aterragens ou descolagens abortadas) em pistas molhadas (mesmo com lâminas de água de reduzida espessura) ou com gelo. A hidroplanagem depois de começar, muito dificilmente pára, mesmo que a velocidade seja reduzida.

4.2.6.2 Dinâmica

A hidroplanagem dinâmica acontece, mesmo que na presença de finas lâminas de água, para valores de velocidade elevados, valores determinados em função da pressão de enchimento dos pneus. Em pistas cobertas com água, com o deslocamento da aeronave, o pneu provoca a deslocação dessa água para a frente e para os lados. Na parte dianteira do pneu, na área de contacto, forma-se uma onda de pressão decorrente do impulso que o pneu transmite à água, essa pressão é proporcional ao quadrado da velocidade do pneu e à densidade da água. O pneu sofre uma deformação e a água penetra na área de contacto entre o pneu e o pavimento e é possível a sustentação da carga vertical do pneu. Para espessuras de lâmina de água superiores a determinado valor (lâmina crítica) e de determinada velocidade (velocidade de hidroplanagem) a água ocupa toda área de contacto e deixa de existir contacto pneu/pavimento e dá-se a hidroplanagem dinâmica completa. Quanto maior a pressão de enchimento dos pneus, maior a velocidade a que poderá ocorrer hidroplanagem⁴⁸.

⁴⁷ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6

⁴⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6

Segundo Rodrigues Filho⁴⁹ a hidroplanagem dinâmica completa, com pneus aeronáuticos diagonais, em pistas contaminadas por lâminas de espessura superior ou igual à crítica dá-se à velocidade calculada por:

$$V_h = 1,77\sqrt{p} \text{ (eq. 10)}$$

Na qual:

V_h – velocidade de hidroplanagem dinâmica para roda a girar sem deslizar, em m/s;

p – pressão de enchimento dos pneus, em kPa.

Caso o pneu, diagonal, deslize sem girar (situação que pode ocorrer aquando do toque no solo durante a aterragem), a hidroplanagem pode dar-se para velocidades mais baixas, calculadas por:

$$V_{ht} = 1,51\sqrt{p} \text{ (eq. 11)}$$

Na qual:

V_{ht} – velocidade de hidroplanagem dinâmica para roda a deslizar em m/s;

p – pressão de enchimento dos pneus e, kPa.

Com os pneus aeronáuticos radiais, a girar sem deslizar, em pistas contaminadas por lâminas de espessura superior ou igual à crítica, a hidroplanagem completa dá-se à velocidade calculada por:

$$V_h = 1,29\sqrt{p} \text{ (eq. 12)}$$

Segundo Rodrigues Filho, não se encontra literatura para valores de velocidade de hidroplanagem com pneus aeronáuticos radiais a deslizar em vez de girar, mas analogamente ao que acontece para o caso dos pneus diagonais, o valor de velocidade de hidroplanagem tende a ser ainda mais baixo.

Pode acontecer em pistas com macrotexturas fechadas, para além da velocidade crítica, caso a espessura da lâmina de água tenha uma certa expressão.

⁴⁹ Rodrigues Filho, O.S., 2006, pág. 87

Este tipo de hidroplanagem acontece durante as velocidades mais elevadas praticadas durante as aterragens e as descolagens. Segundo a ICAO⁵⁰ lâminas de água de 0.5mm são suficientes para que se dê a hidroplanagem, atente-se que basta, para tal, que se esteja na presença de chuvadas de grande intensidade, ainda que de curta duração, em pistas com irregularidades. Daí ser aconselhável a adoção das inclinações transversais máximas admissíveis do Anexo 14.

4.2.6.3 Por desvulcanização

A hidroplanagem por desvulcanização, ou reversão da borracha, acontece devido ao fenómeno de sobreaquecimento do pneu. Temperaturas de cerca de 200°C fazem com que os pneus “derretam”. O sobreaquecimento acontece, para qualquer gama de velocidades, devido à macrotextura, desde que a roda não gire durante um período longo de tempo. A borracha perde as suas propriedades elásticas entra no patamar plástico e não permite que a água seja expulsa da interface pneu/pavimento.

Atendendo à fraca resistência da borracha no estado plástico, as perdas de aderência por histerese e por desgaste tornam-se reduzidas.

Este tipo de hidroplanagem deixa marcas nos pneus e no pavimento, as dos pneus podem ser observadas na Figura 31, no pavimento deixam marcas brancas numa área ovalada.



Fonte: *Goodyear-aviation*, 2004 consultado em: biggles-software.com a 14/07/2010

Figura 31 – Pneu após uma hidroplanagem por desvulcanização

⁵⁰ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6

4.2.6.4 Combinada

O fenómeno de hidroplanagem combinada (viscosa e dinâmica) é mais frequente do que a ocorrência da hidroplanagem puramente viscosa ou puramente dinâmica.

Gough ⁵¹ foi o primeiro teórico a preconizar a existência de três zonas distintas na área de contacto pneu/pavimento e da presença de cada tipo de hidroplanagem em cada uma das zonas. Na Zona 3, a água já foi expulsa. Trata-se de uma zona seca, há contacto entre o pneu e o pavimento, já não ocorre hidroplanagem.

- Zona 1 (Z1): zona molhada, coberta por bastante água é onde se exerce a pressão dinâmica à qual se associa a hidroplanagem dinâmica.
- Zona 2 (Z2): zona coberta por uma fina lâmina de água à qual se associa a hidroplanagem viscosa;
- Zona 3 (Z3): zona onde a água já foi expulsa (teoricamente seca), há contacto entre o pneu e o pavimento e não ocorre hidroplanagem.

A Zona 1 é aquela onde a película de água entre o pneu e pavimento é maior por ser a zona de impacto da água no pneu, onde (segundo alguns autores) apenas se verificam perdas por histerese.

A Zona 2 é uma zona de transição entre o pneu completamente molhado e o pneu seco, aqui ainda existe uma fina película de água (nesta zona desenvolvem-se perdas por histerese), no entanto, é possível o rompimento dessa película em pontos localizados - as rugosidades da superfície, que provocam perdas por adesão devidas à microtextura, quanto mais rugosa for a superfície maiores as perdas por adesão e consequentemente maior o atrito.

Na Zona 3 pode afirmar-se que predomina o contacto seco pneu/pavimento, onde há perdas por histerese e por adesão, sendo a zona do pneu que mais contribui para o atrito.

Assim, conforme as proporções de cada uma dessas zonas nas áreas de contacto pneu pavimento em pistas molhadas, maior ou menor o atrito e consequentemente menor ou maior (respetivamente) a probabilidade de ocorrência de hidroplanagem. A expressão de cada uma

⁵¹ Gough, 1974, citado pela ICAO no ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6

das zonas é variável com a velocidade. À medida que a velocidade aumenta há um aumento da Zona 1 em detrimento das outras duas, até que para velocidades mais elevadas, deixa de existir a Zona 3 e depois deixa de existir a Zona 2, o coeficiente de atrito tem um valor insignificante e dá-se a hidroplanagem dinâmica completa. Este fenómeno pode observar-se na Figura 32, onde se veem as três zonas de contacto durante quatro tipos de hidroplanagem, desde uma primeira situação a) na qual não ocorre o fenómeno, até um caso d) em que a hidroplanagem é completa (sem qualquer contacto entre o pneu e o pavimento).

Partindo das hipóteses de que há perdas por histerese na Zona 1 (representadas pelo coeficiente de atrito (μ_h)) e que há perdas por adesão na Zona 2 (representadas pelo coeficiente de atrito (μ_{aw})), a magnitude desses coeficientes dependerá da espessura do fluído contaminante e da microtextura da superfície, respetivamente e caso não se tenham em consideração a resistência ao rolamento e a resistência hidrodinâmica da água, o coeficiente de atrito da pista molhada poderá ser obtido através da seguinte expressão:

$$\tilde{\mu}_w = \frac{Z_1 \cdot \tilde{\mu}_h + Z_2 \cdot (\tilde{\mu}_{aw} + \tilde{\mu}_h) + Z_3 (\tilde{\mu}_a + \tilde{\mu}_h)}{A} \quad (\text{eq. 13})$$

Onde:

μ_w – coeficiente de atrito em pista molhada;

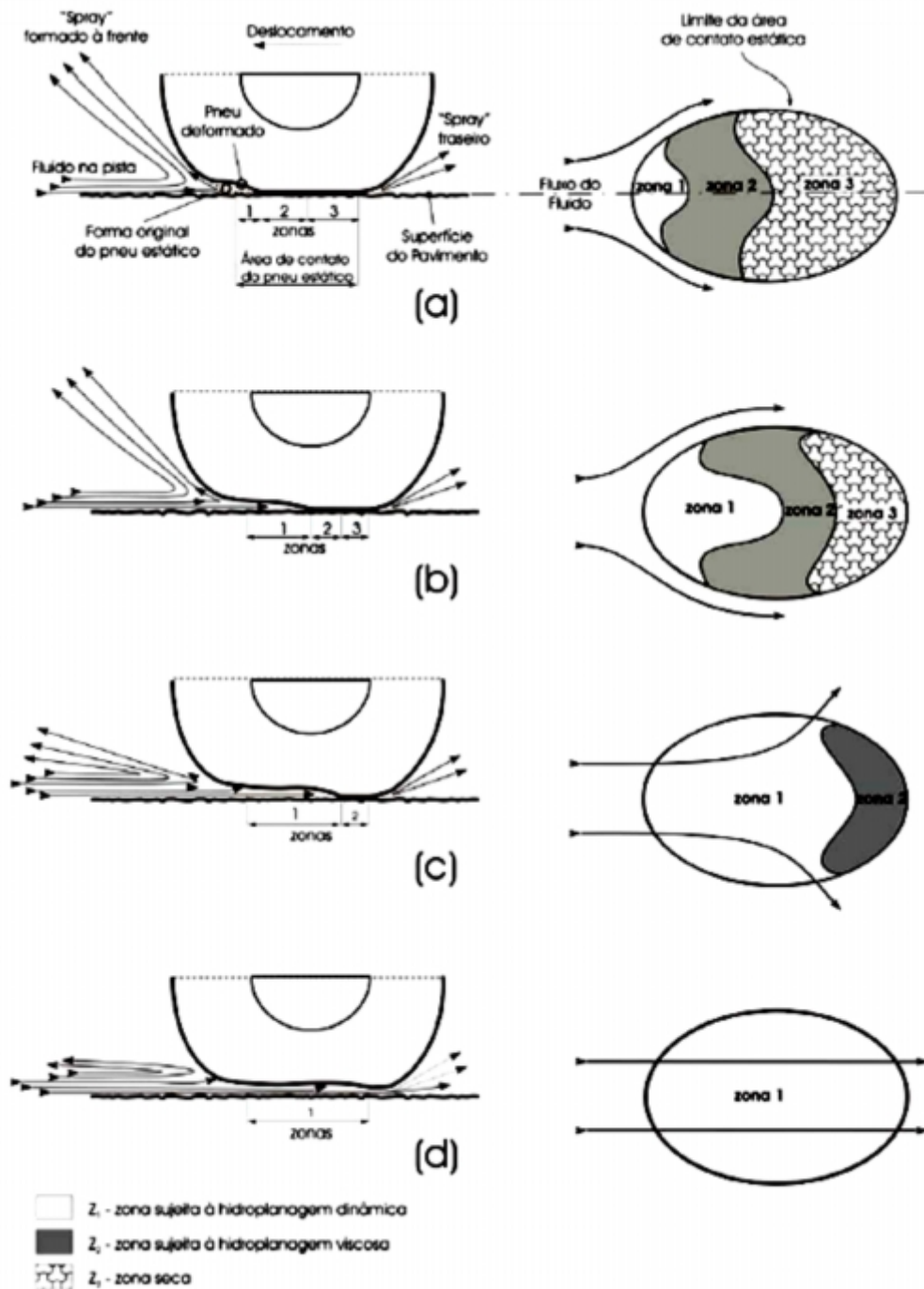
μ_h – coeficiente de atrito devido à histerese;

μ_{aw} – coeficiente de atrito devido à adesão na área molhada;

μ_a – coeficiente de atrito devido à adesão na área seca;

Z_1, Z_2, Z_3 – Zonas 1, 2 e 3 respetivamente;

A – Área de contacto pneu/pavimento.



Fonte: Rodrigues Filho, O.S. 2006, pág. 93

Figura 32 – Três zonas de contacto, quatro fases de hidropneumação

4.2.7 Medição

Relativamente à medição do coeficiente de atrito serão referidas as causas que levam à necessidade de medição do parâmetro, obrigatoriedade; serão especificados os intervalos entre medições sucessivas, obrigatórias e complementares aplicáveis a cada caso, periodicidade; será explicada a necessidade do acompanhamento dos valores obtidos com as medições,

análise da evolução/tendências e serão descritos genericamente os equipamentos aceitos pela ICAO para a medição do parâmetro.

4.2.7.1 Obrigatoriedade de medição

De acordo com o disposto no Anexo 14 o coeficiente de atrito deverá ser medido, para:

- Aferir o coeficiente de atrito quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada⁵²;
- Obter, regularmente, dados sobre o atrito da pista, para garantia de que as suas características se mantêm dentro dos limites⁵³ (10.2.3).

A medição deste parâmetro é de caráter obrigatório.

O primeiro requisito apenas é relevante na presença de um pavimento novo ou beneficiado, o segundo será pertinente ao longo de toda a vida útil do pavimento. Para a garantia de que os valores não desrespeitam os mínimos será necessário que inicialmente se desenvolvam mais campanhas de avaliação, e posteriormente, com a avaliação e a comparação dos dados ao longo do tempo, poder-se-ão ajustar e prever as necessidades em termos de campanhas a desenvolver.

Complementarmente deverão ser desenvolvidas campanhas de medição do atrito pontual recorrendo ao Pêndulo Britânico.

4.2.7.2 Periodicidade das medições do coeficiente de atrito em contínuo

A frequência das avaliações, a adotar pelo operador do aeródromo deverá ser tal que permita a identificação de alterações às características de atrito da superfície de pista de forma a programar operações de manutenção (caso os valores desçam abaixo dos níveis de manutenção (NMAN) ou, se necessário, à condução de operações manutenção corretiva caso os níveis de atrito desçam a valores inferiores ao valor mínimo (NMIN).

1) Medições obrigatórias

Numa fase inicial as medições deverão ser efetuadas em pistas limpas, não contaminadas, assim deverá ser medido, pontualmente e em contínuo, o coeficiente de atrito de pistas novas

⁵² ICAO, A14, 2009, ponto 3.1.24, pág. 3-6

⁵³ ICAO, A14, 2009, ponto 10.2.6, pág. 10-2

ou repavimentadas até para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos.

Para evitar a necessidade de reportar, de uma forma sistemática, as características de atrito da superfície de pistas molhadas, dever-se-ão realizar campanhas de avaliação do coeficiente de atrito que ofereçam garantias de que as características de atrito se encontram dentro dos padrões de segurança, quando comparados diretamente com os níveis de atrito estabelecidos pelo regulador (INAC). Muito embora se tenha conhecimento de que o atrito diminui com a utilização, o valor médio do atrito a publicar será um valor representativo de uma extensão considerável da parte central da pista, não contaminado por depósitos de borracha de pneus de aeronaves, desde que este seja um valor operacionalmente aceitável. Para efeitos da realização de relatórios iniciais, se não for possível a limpeza das pistas antes da realização das medições, estas deverão fazer-se em partes da pista menos utilizadas.

Em infraestruturas aeronáuticas não utilizadas por aeronaves a turbo-reação enquanto não existirem resultados de campanhas de avaliação de atrito que permitam seguir uma abordagem sistemática para o planeamento das campanhas, os intervalos máximos admitidos entre as avaliações de atrito da superfície de pista serão os apresentados na Tabela 4 (proposta de autor com base no adotado pela UKCAA, United Kingdom Civil Aviation Authority, Autoridade Aeronáutica Inglesa⁵⁴).

Tabela 4. Intervalo máximo admissível entre campanhas de avaliação do atrito

Média de movimentos diários	Intervalo máximo entre medições
Inferior a 400	11 meses
Igual ou superior a 400	5 meses

Nota: O nº total de movimentos, em ambas as direções da pista, determina o nº médio de movimentos numa pista.

Em infraestruturas aeronáuticas utilizadas por aeronaves a turbo-reação deverão ser elaborados programas para a determinação do coeficiente de atrito. Esses programas deverão

⁵⁴ UKCAA - CAP 683, 2008, pág. 1 - Capítulo2

ser elaborados de acordo com o Anexo C que foi redigido com base no Apêndice 5 do Doc 9137 - *Airport Service Manual, Part 2, Pavement Surface Conditions* da ICAO⁵⁵.

2) *Medições complementares*

Complementarmente e ainda segundo o disposto no Anexo 14 dever-se-á medir o coeficiente de atrito para:

- Determinar o efeito do atrito quando as condições de drenagem são deficientes⁵⁶;
- Determinar as condições de atrito em pistas que se tenham tornado escorregadias sob condições anormais⁵⁷.

Quando existirem indicações de que as características de atrito de uma pista podem ser reduzidas devido a uma drenagem deficiente, devido a inclinações inadequadas ou a depressões, então dever-se-á levar a cabo uma avaliação adicional, sendo que a mesma será realizada sob as condições naturais, representativas da chuvada local. Esta avaliação difere da avaliação padrão na medida em que a profundidade da água em áreas de drenagem insuficiente é normalmente maior em condições da chuvada local. Os resultados são assim mais apropriados para identificar áreas problemáticas com valores de atrito baixos, que podem induzir à hidroplanagem, do que os resultantes do método de avaliação padrão. Se as circunstâncias não permitirem a realização das avaliações sob condições naturais representativas da chuvada local, então, molhar a superfície da pista com água poderá servir para simular esta condição.

Conforme o relatado no ASM⁵⁸ não obstante o resultado de campanhas de avaliação do coeficiente de atrito leve a concluir que os valores estão acima do valor determinado pelo INAC, sob determinadas condições, pode verificar-se que a pista se torne escorregadia quando molhada. Estas condições podem ocorrer em locais particulares, especialmente durante as primeiras chuvadas após períodos de seca, nos quais a superfície da pista se torna bastante escorregadia, ainda que as características da pista não sejam más quando a mesma se encontra limpa. Esta situação é temporária e dissolve-se assim que a própria chuva contribui para a limpeza da pista. Pode também dar-se uma situação similar em pistas situadas em locais arenosos (perto de dunas) ou em climas húmidos ou perto de locais onde a vegetação da

⁵⁵ ICAO, ASM, Part 2, 2002

⁵⁶ ICAO, A14, 2009, ponto 10.2.6, pág. 10-2

⁵⁷ ICAO, A14, 2009, ponto 2.9.8, pág. 2-8

⁵⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-2

envolvente propicie a acumulação de fungos microscópicos no pavimento que contribuam para que a pista se torne escorregadia quando molhada. Nestas situações devem, logo que possível, ser conduzidas campanhas de medição do coeficiente de atrito, as quais devem continuar a realizar-se até que a situação haja sido corrigida.

Adicionalmente em superfícies novas ou repavimentadas, o operador do aeródromo deve efetuar testes adicionais de atrito para estabelecer/obter leituras durante condições atmosféricas adversas e para identificar áreas da pista onde a contaminação (no presente caso, a água) possa progredir num curto espaço de tempo. Este facto torna-se especialmente importante em obras de reperfilamento de pavimentos existentes, das quais tenham resultado alterações das inclinações transversais ou longitudinais da pista. Estas avaliações deverão ser realizadas em condições naturais com o sistema de provisão de lâmina de água de espessura constante desligado. Nestas circunstâncias, os valores do coeficiente de atrito não deverão ser diretamente comparados com os níveis indicados pelo INAC e a sua interpretação deverá ser criteriosa, ponderada e realizada por técnicos especializados.

Note-se que nenhum valor, resultante de recolhas de dados realizadas em pistas molhadas com o sistema de provisão de lâmina de água desligado, poderá ser usado para efeitos de publicação.

Sempre que sejam realizadas operações de limpeza da pista, para além da campanha de avaliação feita antes dessa limpeza e que em princípio lhe dará origem, será desejável que se realize uma campanha de avaliação do coeficiente de atrito após a limpeza para avaliar os resultados da mesma e para garantir que os valores de atrito se encontram dentro dos valores aceites pelo INAC. Essa campanha deverá ser realizada uma a duas semanas após a limpeza (proposta de autor).

As características de atrito de uma pista também se podem alterar significativamente após as atividades de manutenção, ainda que estas atividades não visem a alteração das características de atrito. Por conseguinte, após o termo de atividades de manutenção significativas, deverão ser conduzidas campanhas de avaliação do coeficiente de atrito.

Deverão ainda realizar-se avaliações do atrito da superfície de pista sempre que: os relatórios dos pilotos indiquem dificuldades na travagem; sejam visíveis camadas de depósitos de

borracha, de desgaste da superfície da pista, se observe o polimento do agregado ou qualquer outra razão relevante.

4.2.7.3 Periodicidade das medições do atrito pontual

Sempre que se conduza uma campanha de medição do coeficiente de atrito obrigatória, então também deverá ser avaliado atrito pontualmente. Assim, deverão ser conduzidos ensaios de Pêndulo Britânico em pistas que entrem em serviço, pela primeira vez e sempre que sejam repavimentadas.

O atrito pontual de pistas novas ou repavimentadas será medido para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos.

Serão obrigatórias as avaliações pontuais de atrito nos casos em que o valor do coeficiente de atrito esteja abaixo do NMAN, visando detetar se o problema se deve à macro ou à microtextura.

Sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto ao atrito da pista, dever-se-ão conduzir campanhas de avaliação do atrito pontual

Não obstante o número de movimentos, em aeroportos internacionais, as medições do coeficiente de atrito deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

As periodicidades acima indicadas constituem uma proposta de autor da tese, a validar com a aplicação do modelo.

4.2.7.4 Evolução/Tendências

Face às ações do tráfego e dos agentes atmosféricos as características de atrito do pavimento sofrem alterações ao longo do tempo. Assim, os resultados das avaliações do atrito deverão ser monitorizados ao longo do tempo. Após a análise desses resultados os operadores deverão ajustar os intervalos entre avaliações.

Caso os dados históricos indiquem que a superfície se está a deteriorar relativamente depressa, tornar-se-á necessária a adoção de uma maior frequência de realização de campanhas de avaliação tendo em vista assegurar que a manutenção é efetuada antes de as

características de atrito terem atingido os níveis de manutenção determinados pelo INAC (NMAN). O operador do aeródromo deverá registrar a justificação de qualquer variação da periodicidade recomendada para as avaliações.

4.2.7.5 Equipamentos de medição

A medição do coeficiente de atrito poderá ser feita com recurso a diferentes tipos de equipamentos. São seis os tipos de equipamento de medição de atrito em contínuo, atualmente previstos pela ICAO. Para a medição do atrito pontual a metodologia de avaliação preferencial será a do pêndulo britânico (proposta de autor).

1) *Mu-meter Trailer*

O *Mu-meter* é um equipamento que se atrela a um veículo trator que o reboca. O atrelado tem duas rodas para medição do atrito localizadas a 7.5°, com uma relação roda/deslizamento aparente de 13% e pesa sensivelmente 245kg. Complementarmente, tem uma roda traseira para medir a distância percorrida e para dar estabilidade ao atrelado. As duas rodas de medição de atrito são de rasto liso de dimensões 0,4mx0,1m. A roda traseira tem a mesma dimensão mas com um rasto de configuração estriada. A pressão de enchimento dos pneus destinados à medição do atrito é de 70kPa. Durante o ensaio é aplicada uma força vertical de 77,5kg no amortecedor de cada uma das rodas de medição de atrito. Para além do atrelado o sistema dispõe de um computador para o registo e leitura dos dados e está equipado com sensores eletrónicos. Os principais componentes do sistema de instrumentação são a célula de carga e o sensor de distância. Quando conjugada com os incrementos em tempo real, a velocidade do atrelado é determinada pelo sensor de distância. A célula de carga lê as variações de tensão das rodas de medição do atrito.



Fonte: www.airport-int-com/supplies/douglas-equipment-ltd.html, consultada a 24/07/2010

Figura 33 – Equipamento *Mu-meter*

2) *Skiddometer Trailer*

O *Skiddometer* é um atrelado que deve ser rebocado por um veículo apropriado. É equipado com uma roda de medição de atrito concebida para funcionar com uma taxa de derrapagem fixa entre 15 e 17%, dependendo da configuração do pneu de teste. O atrelado pesa aproximadamente 361kg e é constituído por um quadro soldado apoiado por três rodas em linha.

As duas rodas do atrelado e a do centro (a de medição) são acopladas por correntes e rodas dentadas, com uma relação de transmissão selecionada para forçar a roda de medição de atrito a funcionar com a taxa de derrapagem pretendida. O atrelado é equipado com um pneu de rasto liso de dimensões 0,4mx0,1m, e é usado a uma pressão de enchimento de 210 kPa para testes de atrito em pavimento seco e molhado. Para condições de gelo e neve na pista, poderá dispor opcionalmente de um pneu de configuração estriada, de tamanho 0.4mx0.1m com uma pressão de enchimento de 700kPa.

Durante o ensaio aplica-se uma carga vertical de 105kg à roda de medição de atrito com um amortecedor absorvente. A velocidade do atrelado e o momento aplicado à roda de teste por forças de travagem são entradas de dados para o computador do *Skiddometer*. A velocidade de reboque é medida por um gerador tacómetro ligado a uma das correntes. Um transdutor de momento especial mede continuamente o momento aplicado à roda do meio (a da medição). Os dados obtidos durante o ensaio são processados pelo computador e gravados num gráfico contínuo de valores de atrito sobre a distância percorrida. Também são impressos no gráfico os valores médios de atrito e velocidade do atrelado, para cada troço de 150m, examinados durante cada corrida.



Fonte: grbiz.com/product/1057642/, consultada a 24/07/2010

Figura 34 - Equipamento *Skiddometer*

3) *Surface Friction Tester Vehicle*

O *Surface Friction Tester* (SFT) é um automóvel equipado com tração dianteira e uma roda de medição de atrito hidraulicamente retráctil instalada atrás do eixo traseiro. A roda de medição é posicionada com o mesmo ângulo que as rodas traseiras do veículo. O braço da roda de medição consiste numa corrente de ligação com o eixo traseiro do veículo e contém um medidor/mostrador de binário utilizado para calcular valores de travagem. Com essa configuração, a roda de medição irá operar a uma velocidade mais lenta do que a velocidade do veículo e na proporção de derrapagem de travagem fixa entre 10 e 12%, dependendo da configuração do pneu. O momento de travagem na roda de medição alimenta as rodas traseiras do veículo pela ligação e, conseqüentemente, exige-se pouca energia ao eixo do veículo durante estes testes. É aplicada uma carga vertical de 140kg sobre a roda de medição, com uma mola e um amortecedor.

Em campanhas de avaliação de atrito da pista em condições secas ou molhadas, usa-se um pneu de rasto liso, de tamanho 0.4mx0.1m. O pneu é mantido a uma pressão de enchimento de 210kPa. Para condições de gelo e neve na pista, poderá dispor opcionalmente de um pneu de configuração estriada, de tamanho 0.4mx0.1m com uma pressão de enchimento de 700kPa.

O momento atuante sobre a roda de medição de atrito durante um ensaio, para determinada velocidade é introduzido num computador digital onde a informação é convertida num valor de coeficiente de atrito. Estes valores de atrito, juntamente com as medições da distância percorrida, são continuamente armazenados no computador para a produção de um gráfico a imprimir após a conclusão de cada campanha de avaliação de coeficiente de atrito. O computador está programado para calcular o valor médio de atrito de uma distância pré-seleccionada e da velocidade média do veículo ao longo dessa distância.



Fonte: www.airport-technology.com/contractors/apron_clean/asft-swiss/asft-swiss4.html , consultada a

24/07/2010

Figura 35 - Equipamento ASFT

4) *Runway Friction Tester Vehicle*

O *Runway Friction Tester* (RFT) é uma carrinha com tração dianteira modificada, com uma roda de medição de atrito ligado ao eixo traseiro por uma engrenagem que produz 13% de derrapagem constante na roda de medição. A instrumentação do pneu de teste inclui dois eixos transdutores de força que mede cargas verticais e de arrastamento. Os valores de atrito do pneu podem ser calculados diretamente, sem ter que considerar os efeitos das oscilações do veículo e desgaste do pneu. Este equipamento usa um pneu de rasto liso, de tamanho 0,4mx0,1m, com uma pressão de enchimento de 210kPa. Para condições de gelo e neve na pista, poderá dispor opcionalmente de um pneu de configuração estriada, de tamanho 0,4mx0,1m com uma pressão de enchimento de 700kPa. É aplicada uma carga vertical de 135kg, através de pesos montados num conjunto de duas molas e amortecedores.

A velocidade do veículo e sinais de medição de atrito e de cargas verticais do pneu de teste são transmitidos para um computador colocado perto do banco da frente do operador do veículo. O computador calcula valores do coeficiente de atrito para cada metro percorrido da pista e pode ser programado para calcular o atrito médio e os valores de velocidade para distâncias pré-selecionadas. Uma impressora digital poderá fornecer uma listagem tabelada de coeficiente de atrito em função da velocidade que se poderá imprimir por distância percorrida. O computador é operado pela instalação de uma placa no interior do veículo de teste de atrito da pista. O operador pode usar o teclado para introduzir informações e condições do teste.



Fonte: www.airport-int.com/gallery/sarsys-runway-friction-testing/friction-testing-01.html, consultada a 24/07/201

Figura 36 - Equipamento RSFT

5) *TATRA Friction Tester Vehicle*

O *Tatra Runway Friction Tester* é um veículo com tração traseira que mede, regista, avalia e transmite valores de atrito, de pistas ou estradas, em condições secas ou molhadas. O motor montado na traseira do automóvel permite uma maior carga hidráulica vertical (60 a 100kg) sem a flexão da roda de medição colocada no centro (em frente das rodas traseiras). Também permite maior transferência do momento de travagem durante condições de coeficiente de atrito diminutas.

O *Tatra Runway Friction Tester* tem uma variável de ajustamento de derrapagem da roda de medição entre 0 e 99° a qual é normalizada (0,4mx0,10m) de rasto liso, com uma pressão de enchimento de 210kPa. Para condições de gelo e neve na pista, poderá dispor opcionalmente de um pneu de configuração estriada, de tamanho 0,4mx0,1m com uma pressão de enchimento de 700kPa. Dispõe ainda de um computador que fornece uma avaliação estatística automática das medições, uma escala ajustável de imagens gráficas na impressora, uma manutenção automática de um micro computador, mantém o armazenamento de valores medidos na memória do computador até ao teste seguinte e mantém a capacidade de armazenamento e descarga de valores, para um disco de armazenamento. O computador também permite a transferência sem fios, contínua ou com atraso, dos valores medidos, para a torre de controlo ou para as operações aeroportuárias.



Fonte: www.tatra-register.co.uk/613.htm, consultada a 24/07/201

Figura 37 – Equipamento TATRA

6) *Griptester Vehicle*

O *Griptester* é um atrelado que deve ser rebocado por um veículo apropriado. O atrelado é constituído por um sistema de três rodas, no qual uma delas, através da rotação diferencial induzida por uma corrente, rola com um atraso de 14,5% face à velocidade do eixo principal do conjunto. Essa roda é normalizada (0,25mx0,10m), com uma pressão de enchimento de 140kPa e fixada a um eixo calibrado, que através de sensores, efetua a avaliação e o registo contínuo da força provocada pelo atraso da rolagem. Os valores registados são transmitidos para um computador dentro do veículo motor. Esse computador tem um programa informático que permite a análise e visualização dos dados de acordo com as normas do ensaio. Permite a visualização dos valores do coeficiente de atrito de forma contínua ao longo das corridas e efetua as médias por terço da pista ou parte da mesma, conforme definido pelo operador. Ao binário atrelado/veículo, ainda deverá ser acoplado um sistema de distribuição de água em contínuo, que disponibilize um caudal de água regulado continuamente, de forma a cumprir o requisito da espessura da lâmina de água constante sobre a superfície em avaliação.



Figura 38 – Equipamento *Griptester*

4.2.7.6 *Método do Pêndulo Britânico*

Para a medição do atrito pontual deverá recorrer-se à utilização do Pêndulo Britânico.

A determinação do atrito pontual com recurso ao Pêndulo Britânico exprime-se através da grandeza PTV (*Pendulum Test Value*), que representa, de forma indireta, o atrito pneu/pavimento que se desenvolve graças à microtextura. Este valor não se destina a publicação aeronáutica. Poderá ser comparado com valores de referência tendo em vista a classificação da microtextura.

É um método de medição do atrito que também permite, ainda que de uma forma indireta, obter uma medida da microtextura. Este método recorre a um equipamento constituído por uma estrutura metálica que dispõe de um pêndulo cuja haste possui, na sua extremidade, uma sapata de borracha. O ensaio consiste em largar a haste do pêndulo fazendo com que a sapata de borracha roce na superfície do pavimento (que terá sido previamente molhada), quanto maior for o atrito dessa superfície, menos a sapata desliza. O valor medido é diretamente proporcional à perda de energia provocada pelo atrito. A medida que o equipamento regista é expressa em PTV (*Pendulum Test Value*) e a sua determinação permite a classificação da microtextura numa escala qualitativa.

Para a determinação do PTV de cada ponto realizar-se-ão cinco ensaios, registando-se em cada um deles a leitura no equipamento arredondada ao valor inteiro mais próximo (€1 a €5), seguidamente calcula-se a média dos cinco ensaios.

$$PTV = \frac{\sum (\epsilon 1 + \epsilon 2 + \epsilon 3 + \epsilon 4 + \epsilon 5)}{5} \quad (\text{eq. 14})$$

Caso a diferença entre as cinco leituras seja superior a três unidades PTV deverá repetir-se o ensaio até que se obtenham três leituras consecutivas com o mesmo valor. Assim, esse valor é adotado como valor do ponto ensaiado. O valor final obter-se-á após a aplicação de um coeficiente de correção, em função da temperatura. O coeficiente de correção é positivo para temperaturas de ensaio superiores a 20°C e negativo para temperaturas inferiores a esse valor. Este ensaio está regulamentado segundo a norma europeia EN 13036-4⁵⁹, que deverá ser adotada.

4.2.8 Níveis

Relativamente aos níveis de atrito medidos em contínuo serão apresentados os três níveis estabelecidos pela ICAO (de projeto, de manutenção e mínimo); será apresentada uma tabela com os valores de cada nível de atrito segundo o equipamento e velocidade de medição. Complementarmente serão especificados quais os níveis de atrito pontual.

⁵⁹ ECS, 2003

4.2.8.1 Níveis de atrito medido em contínuo

De acordo com o disposto no Anexo 14 estão definidos três tipos de níveis de atrito: um nível de projeto; um nível de manutenção em um nível mínimo.

Nível de projeto (NPROJ): é o valor do coeficiente de atrito, determinado pelo regulador, acima do qual uma pista nova ou repavimentada se deve encontrar. Durante o primeiro ano, após a entrada em serviço da nova pista ou de obras de reabilitação da mesma, o valor do coeficiente de atrito não deverá ser inferior a este valor de projeto.

Nível de planeamento de manutenção (NMAN): é o valor do coeficiente de atrito, determinado pelo regulador, abaixo do qual se deverá proceder a operações de manutenção. Estas operações destinar-se-ão a repor os valores de atrito. A regularidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito deverá ser tal que permita que esta manutenção possa ser atempadamente programada e cabimentada, de forma a prevenir o decréscimo do valor do atrito abaixo do valor mínimo.

Nível mínimo (NMIN): é o valor do coeficiente de atrito, determinado pelo regulador, abaixo do qual se deverá notificar que a pista “pode ser escorregadia quando molhada”. Valores de coeficiente de atrito abaixo do mínimo, para a totalidade da pista ou para troços significativos (100m ou mais) levam à necessidade de publicação dessa informação em AIP (*Aeronautical Information Publication*) e também à emissão de um NOTAM. Neste caso deverão ser desenvolvidas medidas corretivas logo que possível. O NOTAM deverá manter-se em vigor até a situação haver sido regularizada e devidamente validada, após a realização de nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito.

4.2.8.2 Tabela dos níveis de atrito medido em contínuo

Os níveis estabelecidos para cada um dos níveis de atrito, são para cada tipo de equipamento de medição de atrito em contínuo, os especificados na Tabela 5. São estabelecidos índices para dois valores de velocidade, 65 e 95km/h.

Tabela 5. Valores do coeficiente de atrito

Equipamento	Pneu		Velocidade [km/h]	Espessura da lâmina de água [mm]	Nível de projeto (N PROJ)	Nível de planeamento de manutenção (N MAN)	Nível mínimo (N MIN)
	Tipo	Pressão [kPa]					
<i>Mu-meter</i>	A	70	65	1.0	0.72	0.52	0.42
	A	70	95	1.0	0.66	0.38	0.26
<i>Skiddometer</i>	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
<i>Surface Friction Tester</i>	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.47	0.34
<i>Runway Friction Tester</i>	B	210	65	1.0	0.82	0.60	0.50
	B	210	95	1.0	0.74	0.54	0.41
<i>TATRA Friction Tester</i>	B	210	65	1.0	0.76	0.57	0.48
	B	210	95	1.0	0.67	0.52	0.42
<i>Griptester</i>	C	140	65	1.0	0.74	0.53	0.43
	C	140	95	1.0	0.64	0.36	0.24

Fonte: Anexo 14, 2009, pag. ATT A-11

4.2.8.3 Novas propostas da emenda ao Anexo 14

A proposta de emenda ao Anexo 14, de maio de 2011 e que entrará em vigor, previsivelmente em novembro de 2012, obriga a que os pavimentos sejam construídos/reconstruídos de forma a proporcionar características de atrito iguais ou superiores a um valor mínimo definido pela Autoridade Aeronáutica de cada país (3.1.23)⁶⁰ e recomenda que seja atingido o nível de projeto também definido pela autoridade (3.1.23A)⁶¹. Esta proposta continua a obrigar o estado a definir o nível mínimo do atrito (7.7)⁶² e recomenda a definição dos níveis de manutenção e de projeto. Contudo, propõe que se retire Tabela A-1 com base na consideração que a mesma propicia a confusão entre os propósitos da medição das características de atrito, não fazendo uma distinção clara entre as medições para efeitos de construção e manutenção do pavimento (de caráter funcional) e as medições para efeitos de estimativa do atrito em pistas contaminadas (de caráter operacional). Confusão que segundo o referido nesta proposta, já deu origem a acidentes. Complementarmente também refere que a tabela pode já estar

⁶⁰ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pag. A-10

⁶¹ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pag. A-10

⁶² ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pag. A-64

obsoleta e que a relação entre os valores obtidos com os diferentes equipamentos é questionável e que os países membros ainda não chegaram a consenso sobre a revisão da mesma.

Por forma a garantir que o atrito não está abaixo do nível mínimo (10.2.3)⁶³, passa a obrigar à elaboração de um programa de manutenção (10.1.1)⁶⁴ (o qual abrange outros itens que não apenas os pavimentos). Referindo ainda que a programação das avaliações do atrito seja tal que permita traçar a tendência evolutiva do parâmetro (10.2)⁶⁵ e que as ações corretivas devam ser obrigatoriamente desenvolvidas, na totalidade ou em parte da pista, por forma a que o atrito não se situe abaixo do nível mínimo.

4.2.8.4 Níveis de atrito pontual

De acordo com o parâmetro PTV - valor de Pêndulo Britânico, obtido através do ensaio do Pêndulo Britânico, será possível a classificação da microtextura de acordo com o disposto na Tabela 6:

Tabela 6. Classificação da microtextura

Valor de Pêndulo Britânico PTV	Classificação da microtextura
PTV < 25	Perigosa
25 < PTV < 31	Muito polida
32 < PTV < 39	Polida
40 < PTV < 46	Pouco rugosa
47 < PTV < 54	Medianamente rugosa
55 < PTV < 75	Rugosa
PTV > 75	Muito rugosa

Fonte: Adaptada de APS – Tabela 2.6.1.2.1. (ABPv. 1998), 2006, pág 86

4.2.9 Ensaaios

Quanto aos ensaios serão referidas quais as condições de aceitação de realização das medições; será referida a importância da competência e formação dos operadores dos equipamentos de medição; será estabelecida a necessidade de controlo dos equipamentos de medição; serão expostos os procedimentos a adotar durante as medições; será explicada a

⁶³ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-55

⁶⁴ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-54

⁶⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-55/56

metodologia de realização das medições e serão discriminados quais os itens a registrar em cada medição.

4.2.9.1 Condições das medições

As avaliações do atrito (em contínuo e pontual) da superfície da pista, serão realizadas sob condições controladas, não deverá estar a chover e a superfície da pista deverá estar seca e sem a presença de poças de água. As medições deverão ser realizadas oportunamente, e deverão ser devidamente coordenadas pelo controlador de tráfego. As condições ao longo de cada campanha não deverão diferir significativamente.

1) Do coeficiente de atrito em contínuo

As avaliações do coeficiente de atrito em contínuo deverão ser realizadas com um equipamento que disponha de um sistema de provisão de uma lâmina de água de espessura constante (1mm), com uma roda de rasto liso, que permita a realização do ensaio a velocidades específicas (65 e 95km/h), de forma a determinar as características de atrito da pista e para identificar áreas que requeiram manutenção, nas quais seja necessário restaurar os valores de atrito de superfície para valores iguais ou superiores ao nível de manutenção (NMAN).

A avaliação deve ser efetuada num ambiente com a temperatura do ar acima de 2°C. Humidade, nevoeiro e condições de neblina também poderão afetar o resultado da avaliação.

Os operadores do equipamento devem estar conscientes de que na presença de vento cruzado a espessura da lâmina de água poderá ser afetada. Nestas situações os operadores deverão aconselhar-se junto dos fabricantes do equipamento.

O coeficiente de atrito de pistas contaminadas também deverá ser passível de avaliação com o objetivo singular da leitura de valores de atrito nestas condições particulares. Assim, serão permitidas avaliações de atrito nos casos em que a contaminação consista em:

- Gelo ou gelo molhado. Gelo molhado é um termo usado para definir superfícies congeladas cobertas por uma fina película causada pelo degelo. A lâmina de água depositada deverá ter uma espessura não superior a 1mm, para que não seja possível o fenómeno de hidroplanagem;
- Neve compacta sob qualquer espessura;

- Neve seca, no máximo com 2,5cm;
- Neve molhada ou lama de neve, no máximo com 0,3cm.

Será pertinente a avaliação do atrito, sempre que se julgue que essa informação seja útil para a remoção da neve ou do gelo. Assim, deverão fazer-se avaliações sempre que:

- A parte central (centrada longitudinalmente ao longo do eixo) da pista esteja contaminada numa extensão de 150m ou mais;
- Após as limpezas de neve, aplicação de anticongelantes e descongelantes ou ensaibramentos;
- Imediatamente após qualquer incidente/acidente na pista do qual se depreenda que as condições de atrito possam afetar a segurança das operações;

Caso a superfície da pista seja afetada por uma camada uniforme de neve compacta ou gelo então deve ser efetuada uma avaliação de ação de travagem *braking action* de acordo com procedimentos específicos para o efeito, previamente estabelecidos. Contudo, em Portugal, as condições favoráveis à formação de neve compacta ou gelo são raras.

Salienta-se que os valores obtidos nestas medições, em condições particulares, não serão comparáveis com os níveis de atrito definidos pelo regulador (NPROJ; NMAN e NMIN), para determinação de ações a desenvolver.

Noutras condições que não as acima definidas não deverá ser permitida a avaliação das características de atrito porque, entre outros fatores, a substância contaminadora arrasta/puxa a roda medidora do equipamento e as leituras obtidas nestas condições são falíveis.

2) Do atrito pontual

O pavimento a ensaiar deverá ser previamente inspecionado tendo em vista a caracterização do seu estado de conservação. Antes da realização de cada ensaio será necessário molhar a superfície. O ensaio apenas poderá realizar-se para temperaturas da superfície do pavimento compreendidas entre 1°C e 40°C.

4.2.9.2 Competência dos operadores - formação e treino

Todos os operadores deverão ter competência para operação e para a manutenção dos equipamentos de medição do atrito, deverão conhecer as normas aplicáveis e os fatores

críticos deste tipo de ensaios, também é importante que tenham a capacidade de antecipar potenciais problemas e socorrer-se de determinadas soluções, para tal serão essenciais os registos desse tipo de situações as quais posteriormente deverão ser armazenadas numa base de dados. A formação inicial deverá ser ministrada aos operadores pelos fabricantes dos equipamentos. O treino e a formação de novos operadores poderão ser ministrados por operadores treinados e experientes durante as campanhas de avaliação. Caso se executem corridas adicionais que visem propósitos de treino ou de manutenção de competências os seus resultados podem ser incluídos nos resultados da campanha caso sejam considerados válidos.

De acordo com a ICAO⁶⁶ este é um fator crítico das avaliações do atrito na medida em que a possibilidade das campanhas originarem dados de atrito fidedignos depende fortemente do pessoal responsável pela operação do equipamento de medição.

Caso as campanhas de avaliação do atrito (pontuais ou em contínuo) sejam adjudicadas a entidades externas ao aeroporto/aeródromo a verificação da competência e experiência dos operadores de equipamento de medição de atrito continua a ser do operador, a não ser que essas entidades externas tenham competência própria na matéria. É preferível que as empresas sejam certificadas/ acreditadas no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ).

4.2.9.3 Controlo dos equipamentos

1) Da medição do coeficiente de atrito em contínuo

Os fabricantes dos equipamentos serão responsáveis pelo fornecimento de orientações sobre testes de velocidade, testes da espessura da lâmina de água, testes do tipo de pneu, testes da pressão do pneu e teste da condição do pneu, no entanto, será da responsabilidade do operador a não validação dos resultados caso os parâmetros especificados não respeitem o que está definido.

Então, os responsáveis pelo equipamento devem assegurar-se de que o mesmo é utilizado regularmente, de que o pneu de medição corresponde ao especificado e está de acordo com as tolerâncias do fabricante e respeitar os prazos de calibração do equipamento.

Antes da utilização do equipamento, o operador deverá verificar que este está em boas condições.

⁶⁶ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 5-7

2) *Do atrito pontual*

Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio do atrito pontual e suas condições deverão ser os definidos na norma europeia referente ao ensaio do Pêndulo Britânico, a EN 13036-4 de 2003⁶⁷.

4.2.9.4 *Procedimentos*

A avaliação do atrito da superfície da pista consiste, pelo menos, em duas corridas de teste juntamente com uma série de corridas padrão.

1) *Corridas de teste de medição de atrito em contínuo*

Antes e após a realização das avaliações propriamente ditas dever-se-ão efetuar duas corridas de teste para confirmar que a operação do equipamento de medição de atrito em contínuo é consistente durante toda a avaliação do atrito da superfície da pista. Uma deve ser realizada antes e a outra depois de cada campanha de medição e nas mesmas condições. É conveniente que seja feita uma referência às orientações dos fabricantes sobre a variação máxima admissível entre as duas corridas.

As corridas de teste deverão realizar-se em toda extensão do pavimento, a uma velocidade constante, num alinhamento distinto dos alinhamentos a avaliar.

2) *Corridas de medição de atrito em contínuo*

As corridas de medição serão realizadas ao longo de toda a extensão da pista a uma velocidade constante (admitem-se variações de velocidade da fases de aceleração e travagem). Para a garantia de que a velocidade se mantém constante o veículo deverá dispor de um controlador de velocidade *cruise control*.

Em pistas curtas, sem soleiras deslocadas ou sem áreas pavimentadas antes da soleira ou para além do fim da pista, os operadores deverão certificar-se de que os condutores dos equipamentos de medição de atrito em contínuo estão equipados com um veículo adequado que possa alcançar a velocidade alvo logo que exequível. Deverá ainda ser facultado aos condutores um método seguro para que lhes seja possível delinear a zona de travagem no final da corrida, que conduza a uma manobra segura.

⁶⁷ ECS, 2003

3) *Da avaliação de atrito pontual*

Os procedimentos a adotar aquando da avaliação pontual de atrito são os definidos na norma europeia que regulamenta o ensaio do Pêndulo Britânico, a EN 13036-4⁶⁸.

4.2.9.5 Medições

1) *Do coeficiente de atrito em contínuo*

As avaliações serão realizadas por um equipamento com uma roda de rasto liso, com provisão de lâmina de água de espessura de 1mm a duas velocidades distintas, 65 e 95km/h, que meça o coeficiente de atrito em contínuo. As avaliações a duas velocidades distintas destinam-se a obter informação sobre a macro e a microtextura. Avaliações a velocidades mais baixas permitem inferir sobre as características da macrotextura, contaminação e drenagem. Avaliações a velocidades mais elevadas permitem inferir sobre a microtextura.

Em pistas molhadas concluiu-se que com o aumento da velocidade se verifica uma diminuição do coeficiente de atrito. No entanto, com o aumento da velocidade a proporção a que o coeficiente de atrito decresce torna-se menor. Isto acontece devido à textura da superfície da pista. Em pistas com uma boa macrotextura, que permitem que a água se escoe quer nos trilhos do pneu, quer sobre ele, o valor do atrito é menos afetado pelo aumento da velocidade. Pistas com fraca macrotextura são mais afetadas pelo aumento da velocidade. O valor do coeficiente de atrito da superfície das pistas é muito dependente da textura e pode variar de acordo com a tipologia de construção e utilização da pista, daí que toda a extensão da pista tenha que ser avaliada.

Em pistas com tráfego intenso, nas quais prevaleça a utilização da pista num dos sentidos, os operadores do equipamento de medição de atrito em contínuo poderão detetar diferenças nos resultados, aquando da recolha dos dados. Nesta circunstância será necessário que se façam medições nos dois sentidos, as quais só poderão deixar de se fazer caso a diferença dos valores obtidos não seja significativa, para este efeito consideram-se não significativas diferenças da ordem dos 5% (proposta de autor). Variações significativas dos valores do coeficiente de atrito obtidos entre os dois sentidos na mesma direção deverão ser investigadas, para o efeito o operador poderá procurar a opinião de peritos. Ainda assim, conservativamente, o valor a considerar deverá ser o menor, ou seja o mais desfavorável.

⁶⁸ ECS, 2003

Caso os valores obtidos em sentidos opostos de uma mesma direção não apresentem diferenças significativas, dever-se-á para efeitos de registo e para cada troço da pista, considerar para cada alinhamento, a média dos valores obtidos nos dois sentidos.

De acordo com o disposto no ASM Part2⁶⁹ para que a campanha de medição do coeficiente de atrito seja significativa as medições deverão ser realizadas, a 3m do eixo, de cada um dos lados do mesmo e em ambos os sentidos, que é onde a maior parte das operações têm lugar. Em pistas com um tráfego misto de aeronaves (com presença de *wide bodies*), as medições adicionais (para além das realizadas a 3m do eixo) deverão ser realizadas a 5m de cada lado do eixo, também nos dois sentidos.

Também deverão ser realizadas medições sobre eixo da pista, nos dois sentidos e ainda medições a 5m da berma, de cada um dos lados e em ambos os sentidos, para que se possa concluir sobre o coeficiente de atrito em locais com menor intensidade de tráfego.

O planeamento das corridas em pistas com marcas de distância fixa deverá, complementarmente ao acima exposto, contemplar a realização de corridas que passem sobre os eixos centrais das marcas, em ambos os lados da pista.

O percurso da roda de medição, ao longo de linhas pré-definidas, não deverá coincidir com juntas ou fissuras longitudinais do pavimento. O operador do aeródromo deve assegurar que o condutor do equipamento de medição de atrito em contínuo tem meios suficientes para garantir que as corridas se mantêm ao longo de cada linha pré-definida. Isto é especialmente importante à noite e quando as linhas pré definidas não coincidem com o eixo ou com as linhas de berma das pistas.

Se houver qualquer motivo para duvidar da exatidão da medição do atrito, essa medição deverá ser repetida.

Caso as características de atrito difiram significativamente ao longo de troços consideráveis da pista o valor do coeficiente de atrito deverá ser obtido para cada um desses troços. Atente--

⁶⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-3

-se que treços de 100m já são considerados suficientes para a determinação do valor do coeficiente de atrito e passíveis de necessidade de tomada de medidas.

Resumindo, no mínimo, deverão ser realizadas corridas:

- No eixo (proposta de autor);
- A 3m do eixo em ambos os lados;
- A 5m da berma em ambos os lados;

A duas velocidades distintas (65km/h e 95km/h) e nos dois sentidos. As corridas nos dois sentidos poderão ser dispensadas, caso se conclua que as diferenças obtidas nas corridas realizadas em determinado alinhamento, em diferentes sentidos, não apresentam diferenças significativas, o que perfaz um mínimo de 20 corridas (caso não se dispensem as corridas nos dois sentidos).

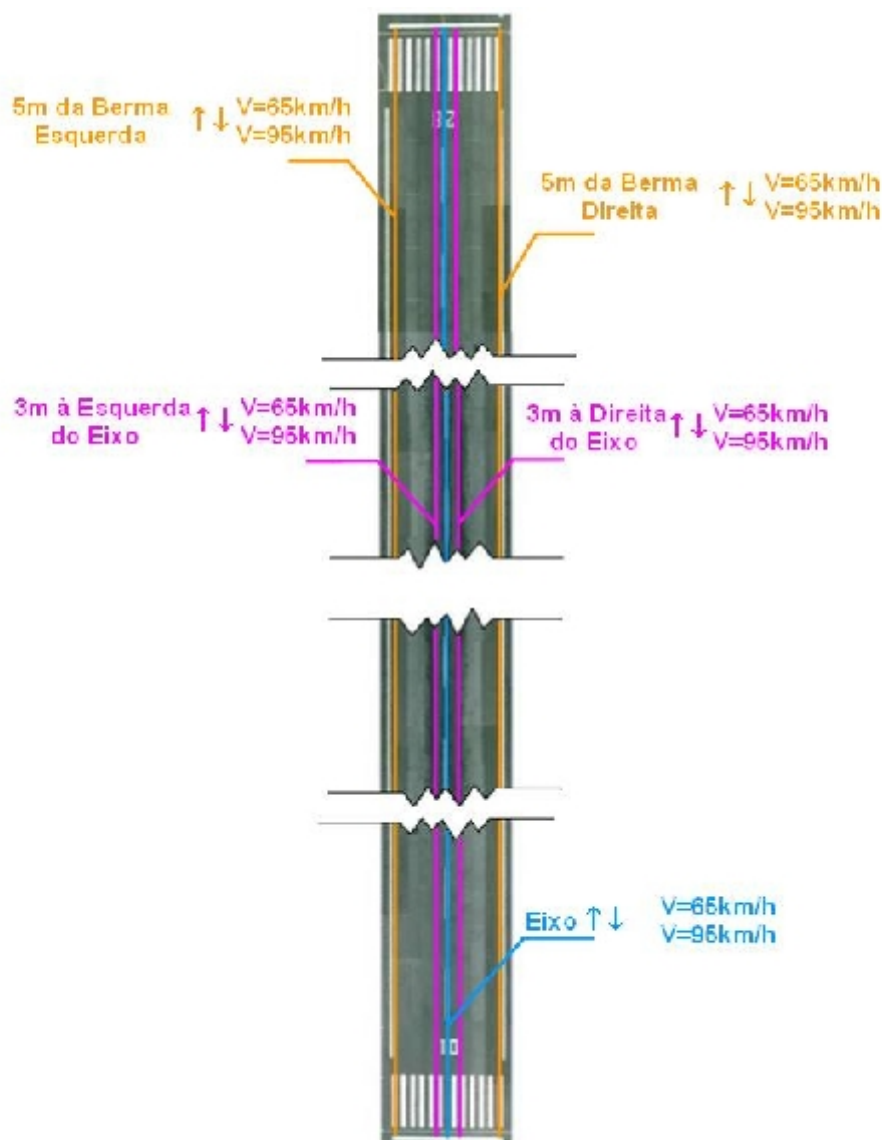


Figura 39 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso I

Caso o tráfego de aeronaves manifeste a presença de *wide bodies* deverão ser também realizadas corridas.

- A 5m do eixo de ambos os lados, às duas velocidades e nos dois sentidos, o que perfaz 28 corridas.

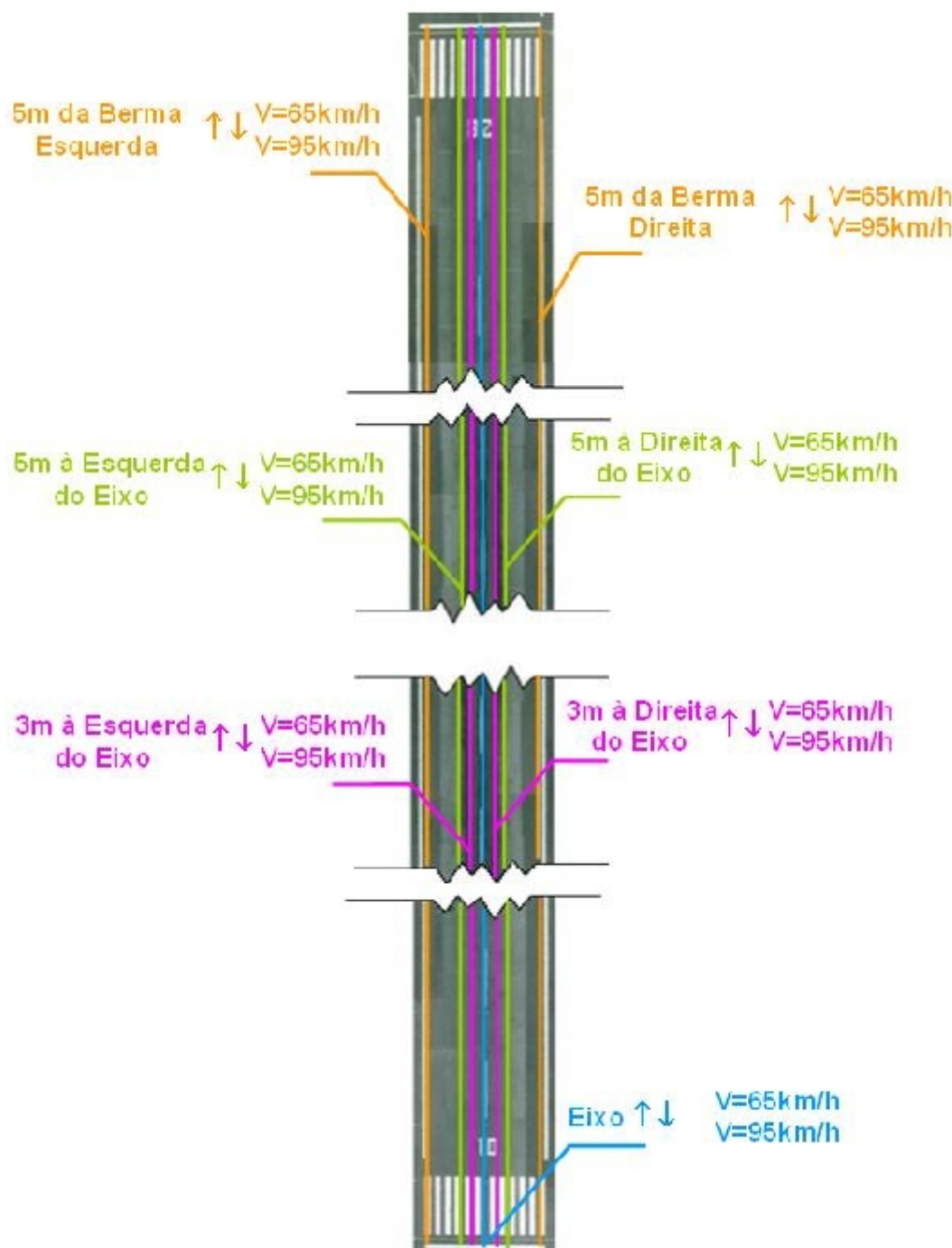


Figura 40 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso II

Caso a sinalização diurna da pista inclua marcas de distância fixa (*Aiming point*) deverão ainda ser realizadas corridas:

- Ao eixo longitudinal das marcas de distância fixa; de ambos os lados, às duas velocidades e nos dois sentidos, o que perfaz 36 corridas.

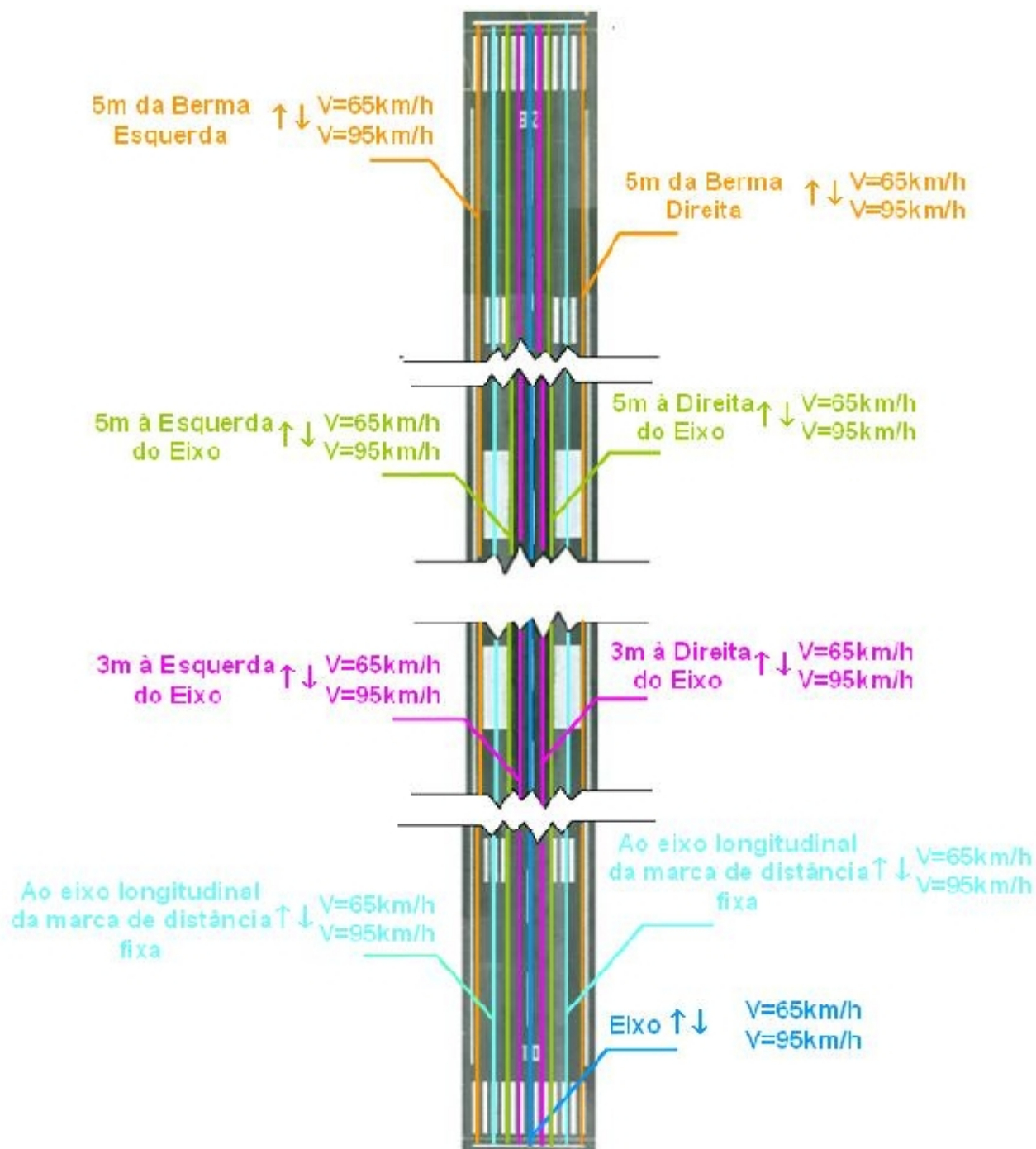


Figura 41 - Esquema de alinhamento das corridas, Caso III

2) Do atrito pontual

De acordo com proposta de autor da presente tese, dever-se-ão avaliar as seguintes zonas:

- De toque (a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência), nas imediações do eixo;
- Nos primeiros 150m após a soleira (para caracterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;
- A meio da pista, nas imediações do eixo;
- Sobre as marcas de distância fixa (*Aiming point*), caso existam
- Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

4.2.9.6 Registos

Tal como em qualquer outro elemento do sistema de gestão de segurança (SMS) do operador do aeroporto/aeródromo, os procedimentos devem assegurar que todos os registos pertinentes, de todas as avaliações de atrito da superfície da pista, são realizados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

1) De avaliações do coeficiente de atrito em contínuo

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Distâncias declaradas;
- Designação da pista avaliada;
- Número da corrida e sentido da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo do qual foi realizada a corrida;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Profundidade da lâmina de água do teste;
- Tipo de pneu do teste;
- Pressão de enchimento do pneu;

- Medida do desgaste do pneu;
- Condição da superfície e temperatura do ar;
- Nível médio do atrito por corrida;
- Níveis de atrito indicando a média de troços de 100m por terços da pista.

Caso surjam problemas durante o ensaio os mesmos deverão ser registados. Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção, deverão ser registados: o local, a extensão, os métodos empregues e os resultados.

2) De avaliações do atrito pontual

- Referência à norma EN 13036-4:2003;
- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
 - Distância à origem da pista;
 - Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Ângulo do teste relativamente ao tráfego (caso não seja paralelo);
- Temperatura da superfície do teste (depois de molhada);
- Caracterização da borracha: larga ou estreita; CEN ou 4S e número;
- Número de testes efetuados;
- Média PTV de cada ponto;
- Média PTV corrigida, de cada ponto;
- Preferencialmente registo fotográfico de cada zona avaliada.

4.2.10 Avaliação de resultados e publicação de valores

Será referida a necessidade e importância da avaliação dos resultados e de que forma é que esta se deverá desenvolver. Para tal será apresentado o conceito das médias móveis de 100m e também quais as ações a desenvolver face aos resultados obtidos. Finalmente será apresentada a forma de publicação dos valores obtidos para conhecimento de toda a comunidade aeronáutica.

4.2.10.1 Avaliação de resultados

Os resultados das campanhas de avaliações de coeficiente de atrito em contínuo deverão ser avaliados, interpretados e monitorizados de forma a poderem identificar tendências de evolução que permitam a programação de campanhas de avaliação bem como de manutenção da infraestrutura que confirmem garantias quanto às características de atrito da superfície.

Para a análise dos resultados os operadores deverão recorrer aos *softwares* que os fabricantes dos equipamentos de medição do atrito em contínuo disponibilizam, os quais permitem para além do reporte de dados, a sua exportação para folhas de cálculo nas quais se poderão realizar outros tipos de análise, conforme as necessidades.

Uma forma conveniente de resumir as avaliações será através do desenho de uma tabela onde constem os resultados da média de troços com 100m de extensão, os quais se traçarão com incrementos de 10m. Sem prejuízo da conveniência da realização da análise crítica de cada troço de 10m para a identificação de áreas da pista, que possam exigir manutenção ou acompanhamento mais específicos.

As leituras obtidas deverão ser comparadas com os três níveis estabelecidos pelo INAC, de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado e para as duas velocidades de realização das corridas (65 e 95km/h).

Será desejável a apresentação de uma figura, na qual, através da apresentação dos resultados por intervalos de cores diferentes consoante os resultados, se possa obter uma perspetiva da generalidade das condições de atrito da pista.

A não consideração das orientações acima enunciadas poderá conduzir a que as condições da pista atinjam valores que determinem a necessidade de publicação de NOTAMs a reportar “que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada” ou mesmo, no limite, que ditem a necessidade de interditar as operações na pista na presença de determinadas condições atmosféricas.

4.2.10.2 Médias móveis de 100m

O conceito da determinação de médias móveis de 100m de extensão partiu da autoridade aeronáutica inglesa que o propõe no CAP 683⁷⁰. Este conceito teve por base o disposto no ponto 10.2.4 do Anexo 14⁷¹ que remete para que troços com 100m ou mais já sejam suficientes para encetar processos de manutenção ou para emissão de reportes sobre a deficiente condição do atrito do pavimento.

Durante cada corrida de medição, o equipamento de medição do atrito em contínuo faz a leitura dos valores ao longo de todo o alinhamento, assegurando que a velocidade alvo é respeitada. O equipamento faz automaticamente a média do valor do atrito de 10m em 10m, ou seja com 10m de incremento, o que permite, que numa distância de 100m seja calculada a média que não é mais do que a média dos 10 troços de 10m para os quais se calcularam as médias. Esta explicação deverá ser interpretada em conjunto com a consulta da figura 42, que é elucidativa da situação. Para que se possa perceber melhor qual a metodologia e a título de exemplo tem-se que, uma corrida de 500m de extensão irá produzir 41 leituras, da qual resultarão 41 valores médios com incrementos de 10m entre si. A primeira média móvel, referente aos primeiros 100m (MM1) é o somatório das 10 primeiras leituras dividido por 10; a segunda média móvel (MM2) é o somatório das leituras de 2 a 11 dividido por 10 e por aí adiante. Neste exemplo a última média móvel (MM41) será o somatório das leituras de 41 a 50, dividido por 10. Estas médias móveis serão melhor visualizadas criando cursores de 100m ao longo de toda a extensão da pista.

⁷⁰ UKCAA - CAP 683, 2008, pág. 2, Capítulo 4

⁷¹ ICAO, A14, 2009, pág. 10-2

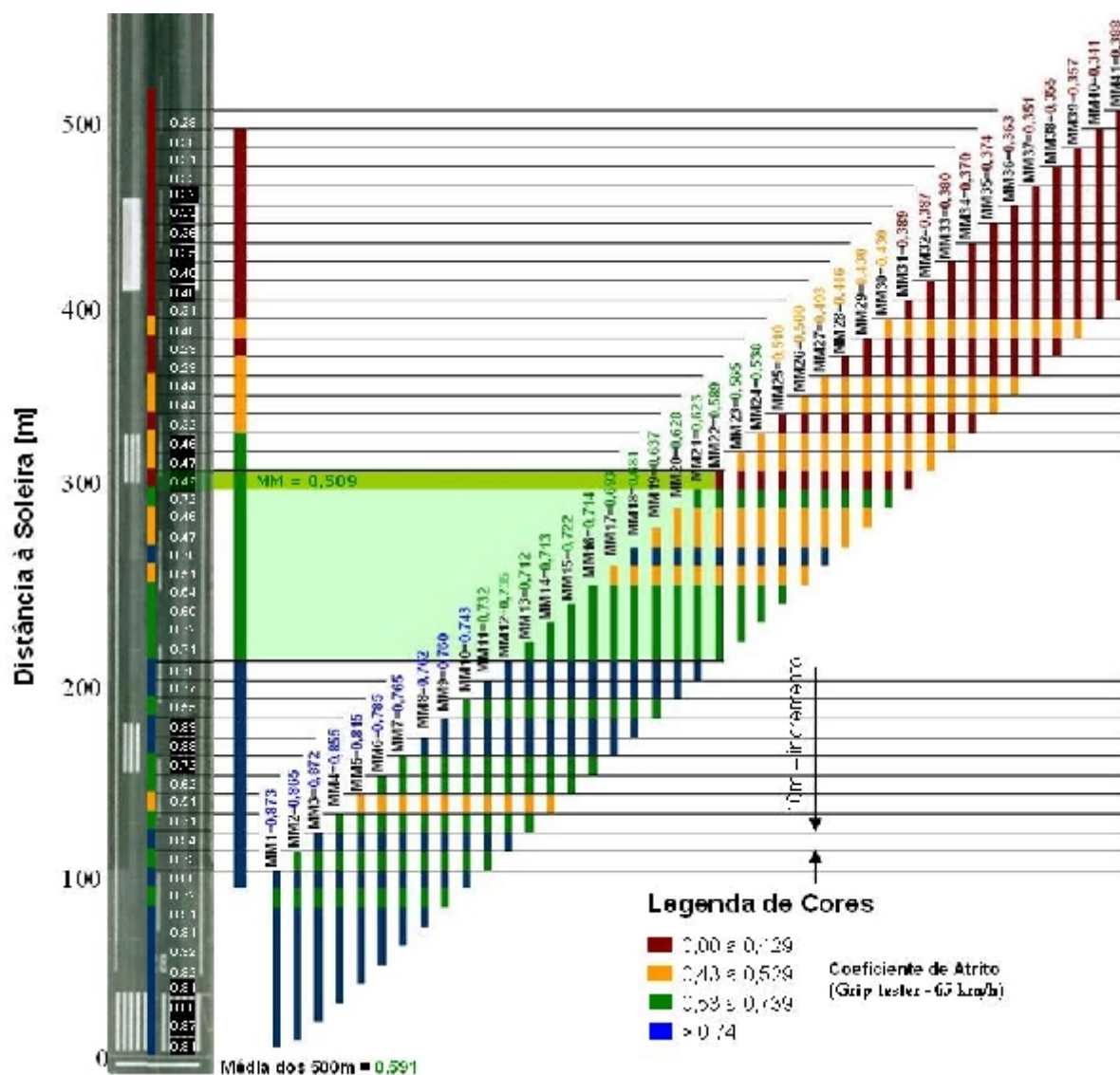


Figura 42 - Diagrama de médias móveis

Da consulta da Figura 42 observa-se que o cursor está na posição MM12 a MM22 (dos 220m aos 310m). Este cursor poderá ser movido para 10 posições intervaladas, ou incrementadas de 10m. Comparando o valor médio do cursor com cada um dos troços de 10m da pista que dão origem a valor médio, as diferenças são evidentes. (MM22=0.589 enquanto que o último troço de 10m apresenta o valor de 0,42). Analogamente, o valor médio dos 500m é igual a 0,591 e há bastantes troços de 100m (MM31 a MM41) com valores abaixo dos 0,43 (NMIN). Desta forma será possível identificar zonas problemáticas que não seriam identificadas caso apenas fossem tidos em consideração os valores do coeficiente de atrito determinados com base nas médias de cada um dos terços da pista, ou ainda menos, caso apenas se considerasse a média da totalidade da corrida.

Deverão ser elaborados gráficos de acordo com o acima exposto para as corridas no eixo; a 3m do eixo (de cada um dos lados). Caso o tráfego seja misto (aeronaves fuselagem estreita e larga) dever-se-ão elaborar os gráficos referentes às corridas realizadas a 5m do eixo (para cada um dos lados). Para as corridas realizadas a 5m da berma da pista apenas serão elaborados estes gráficos caso os valores médios do atrito, por terço de pista ditem a necessidade do encetamento de um plano de manutenção.

4.2.10.3 Ações face aos resultados das medições do atrito em contínuo

1) Ações corretivas

Face aos resultados abaixo descritos, o operador do aeródromo deve rever os resultados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da pista e, quando necessário, tomar as seguintes medidas:

- a) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMAN, o operador do aeródromo deverá desenvolver um programa de manutenção que vise restaurar o nível de atrito, pelo menos para um valor igual ao valor do NMAN (estabelecido pelo INAC de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo e com a velocidade da corrida). A consulta dos valores de troços de 10m permitirá a identificação de zonas alvo sobre as quais as operações de manutenção deverão incidir;
- b) Se da análise de tendências/evolução do coeficiente de atrito resultar que o coeficiente de atrito tende a baixar, o operador do aeródromo deverá aumentar a frequência das avaliações de atrito da pista para identificar potenciais deteriorações e, se necessário for, tomar medidas;
- c)
 - i) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMIN, o operador do aeródromo deverá proceder urgentemente a intervenções para que os valores do coeficiente de atrito passem a ser, no mínimo, superiores a esse NMIN e, de preferência, recuperar os valores do atrito para um nível aceitável.
 - ii) De acordo com o disposto no Anexo 14, Volume 1, da ICAO, se qualquer valor da média de 100m for inferior ao NMIN, deverá ser emitido um NOTAM (*Notice To Airmen*) que informe que “a pista poder-se-á tornar escorregadia quando molhada”.

Nota: O NOTAM deverá conter informação para ajudar os operadores das aeronaves a ajustar os seus cálculos de desempenho onde possível. Para isso deverão ser incluídos os locais e extensão nos quais o coeficiente de atrito é inferior ao NMIN.

Se o valor do coeficiente de atrito estiver significativamente abaixo do NMIN, o operador de aeródromo deverá interditar as operações de descolagens e/ou aterragens sempre que a pista esteja molhada.

A escolha do método mais apropriado para a recuperação dos valores de coeficiente de atrito deverá ser criteriosamente estudada. A consulta de técnicos experientes será fundamental para que se conheçam os tipos de processo mais adequados para a reabilitação das características de atrito da superfície da pista e também para que se faça o diagnóstico das condições que conduziram ao decréscimo do coeficiente de atrito, visando ainda a preservação da pista relativamente a outras características, que não as diretamente ligadas ao coeficiente de atrito.

2) *Novas medições*

Após a adoção das medidas para melhoramento do coeficiente de atrito deverão ser realizadas novas avaliações, o ideal é que estas avaliações se façam entre uma a duas semanas após a conclusão dos trabalhos (proposta de autor).

No caso destas avaliações indicarem que as características de atrito são piores do que antes da realização das intervenções, ou que são inferiores ao NMAN, dever-se-ão realizar avaliações adicionais durante um certo período de tempo para averiguar se as características do atrito permanecem estáveis, melhoram ou se serão necessários trabalhos adicionais (por exemplo após uma repavimentação as características de atrito podem melhorar com o tempo em virtude da volatilização de óleos presentes nas camadas superficiais).

4.2.10.4 *Publicação de valores do coeficiente de atrito em contínuo*

Para efeitos de publicação deverão ser obtidos valores para cada um dos terços da pista.

O valor do coeficiente de atrito medido em contínuo será, para cada terço da pista, o valor médio mais baixo obtido em qualquer dos alinhamentos percorridos, sem prejuízo de ter que se fazer a análise por troços de 100m, e de se dever agir em conformidade mediante os resultados obtidos nesses troços de 100m (proposta de autor).

Em pistas cujo comprimento seja inferiores a 1000m o valor do coeficiente de atrito a publicar será o valor médio obtido, sem prejuízo de os valores dos troços de 100m consecutivos se deverem comparar com os níveis ora definidos (proposta de autor).

A informação realmente importante para a maioria da comunidade aeronáutica, no que ao atrito respeita, é saber se a pista tem ou não características de atrito que em condições normais, mesmo com o pavimento molhado, permitam a segurança das manobras de aterragem, descolagem e rolagem das aeronaves nas pistas.

Atentando à possibilidade de recurso a diferentes tipos de equipamentos de medição do coeficiente de atrito, cujos valores não são diretamente comparáveis e à necessidade de as avaliações serem efetuadas para dois valores de velocidade distintos (65 e 95 km/h) os resultados deverão ser comunicados numa escala qualitativa (proposta de autor).

Assim a informação a publicar, será, consoante a comparação dos valores obtidos com os valores dos níveis de atrito estabelecidos pelo INAC a seguinte:

1) Muito Bom

O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível de projeto (NPROJ) determinado pelo INAC.

- Coeficiente de atrito > NPROJ – **Muito Bom**

2) Bom

O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível de manutenção (NMAN) mas inferior ao valor do nível de projeto (NPROJ).

- $NMAN < \text{Coeficiente de atrito} < NPROJ$ – **Bom**

3) Médio

O valor do coeficiente de atrito é superior ao valor do nível mínimo (NMIN), mas inferior ao valor do nível de manutenção (NMAN).

- $NMIN < \text{Coeficiente de atrito} < NMAN$ – **Médio**

Para valores do coeficiente de atrito neste intervalo o operador terá que desenvolver programas de manutenção.

4) Mau

O valor do coeficiente de atrito é inferior ao valor do nível mínimo (NMIN) determinado pelo INAC.

- Coeficiente de atrito < NMIN – **Mau**

Para além da publicação de que o coeficiente de atrito é mau torna-se obrigatória a emissão de um NOTAM a informar que “a pista pode ser escorregadia quando molhada”. O NOTAM

deverá manter-se em vigor até a situação haver sido regularizada e devidamente validada após a realização de nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito.

Quadro 2 - Classificação relativamente ao coeficiente de atrito

Valor do coeficiente de atrito (CA)	Classificação
CA > NPROJ	Muito Bom
NMAN < CA < NPROJ	Bom
NMIN < CA < NMAN	Médio
CA < NMIN	Mau

4.2.10.5 Ações face aos resultados de medição do atrito pontual

Relativamente ao parâmetro da microtextura, indiretamente medido através do ensaio do Pêndulo Britânico (PTV) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista) e caso os resultados sejam coerentes relativamente aos valores obtidos nos ensaios de avaliação do coeficiente de atrito a velocidades elevadas (95km/h), dever-se-á:

- **PTV <55** – Conduzir ensaios de Pêndulo Britânico sempre que é medido o coeficiente de atrito;
- **32 <PTV <46** – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da microtextura, a qual deverá estar conforme num prazo não superior a um ano;
- **25 <PTV <31** – Corrigir o problema da microtextura num prazo máximo de 2 meses.
- **PTV <25** – Emitir um NOTAM a dizer que “o pavimento pode tornar-se escorregadio quando molhado”

1) Ações corretivas

A correção da microtextura de pavimentos existentes será muito difícil, uma vez que este parâmetro depende das características do agregado. A correção terá que passar pela execução de novas camadas de desgaste ou da aceitação e melhoramento da macrotextura. A necessidade da adoção de medidas corretivas deste parâmetro terá que ser confirmada pelos resultados das avaliações de coeficiente de atrito a velocidades elevadas (95 km/h).

4.2.11 Ações a desenvolver de acordo com a proposta da EASA

De acordo com a proposta de regulamentação da EASA, alínea a) do ponto AMC.ADR.OPS.C005 – GERAL⁷², o operador deverá ter um programa de manutenção de modo a garantir as condições que favoreçam a segurança das operações, e que, entre outros, deverá incluir: pavimentos, terreno e drenagem. No ponto AMC.ADR.OPS.C010 – PAVIMENTOS, OUTRAS SUPERFÍCIES E DRENAGEM⁷³, refere ainda que se deve:

- Remover das pistas: lama/pó/areia/óleo e depósitos de borracha para não afetar o atrito da pista;
- Os caminhos e as placas deverão estar isentos de poluentes;
- Os sistemas de drenagem devem ser periodicamente inspecionados e se necessário, limpos e mantidos eficientes;
- O operador deve medir as características de atrito da pista para efeitos de manutenção, recorrendo a dispositivos de avaliação de atrito em contínuo. A frequência das avaliações deverá ser adequada e estipulada em função da tendência de evolução do parâmetro;
- O operador deverá desenvolver ações corretivas para toda a pista ou para partes da mesma que se apresentem com um valor de coeficiente de atrito inferior ao limite mínimo estabelecido pelo estado.

Esta publicação refere também que sempre que se detetem zonas da pista com valores de atrito inferiores ao mínimo, o operador deve pedir a emissão de NOTAM divulgando essa situação e informando a extensão e o local da pista onde tal acontece.

⁷² EASA, 2011, Notice of Proposed Amendment, NPA 2011-20 (BII), pág.175/176

⁷³ EASA, 2011, Notice of Proposed Amendment, NPA 2011-20 (BII), pág.175/176

4.3 Textura

4.3.1 Definição

Textura pode definir-se como o conjunto de desvios da superfície do pavimento relativamente a uma superfície completamente plana (não rugosa). A superfície das pistas deverá ser dotada de textura, macro e microtextura, pois estas propriedades é que lhe permitem que tenha atrito e que as manobras decorram conforme a expectativa do utilizador: seguras, confortáveis e económicas.

4.3.2 Tipos de textura

A PIARC (*Permanent International Association of Road*), em 1995, estabeleceu três níveis de textura: microtextura; macrotextura e megatextura, cada um deles definido pelo conjunto de dois parâmetros: o comprimento de onda (λ) e a amplitude entre picos (A).

4.3.2.1 Microtextura

É a textura das componentes individuais do agregado, é uma característica que é função das partículas do agregado, constituintes da mistura (betuminoso ou betão de cimento), é uma rugosidade apenas detetável a nível microscópico, uma dificuldade a ela associada é a sua determinação, a microtextura sente-se mas não se consegue medir.

Caracteriza-se por: $\lambda < 0,5\text{mm}$; $A = 1$ a $500\mu\text{m}$, relativamente à microtextura as superfícies do pavimento serão classificadas como: polidas (sem microtextura) ou rugosas (com microtextura).

A microtextura é necessária para fazer “romper” películas de água muito fina e dar origem a perdas por aderência. Esta minimiza a possibilidade de acontecimento da hidroplanagem viscosa, na medida em que esta está associada à presença dessas películas finas de água.

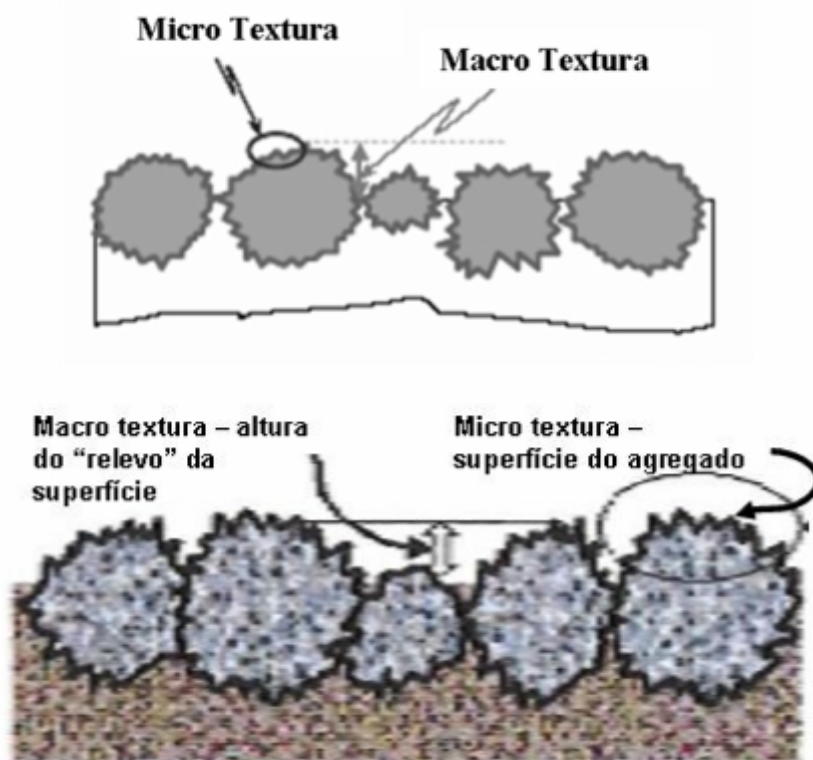
4.3.2.2 Macrotextura

É a textura da curva granulométrica do agregado, caracterizada pela configuração geométrica individual do agregado e pelos vazios da mistura (também poderá ser a textura resultante de intervenções de texturização do pavimento, ou seja, de formas artificiais de dotação de textura). É uma característica que é função das propriedades da mistura (tamanho; forma e graduação do agregado) no caso de se tratar de betão betuminoso. Em superfícies de betão de

cimento, ainda será função do acabamento da superfície (escovagem; incrustações; ranhuragem; espaçamento entre ranhuras; profundidade e orientação dos canais). A macrotextura é passível de medição, por mais do que um processo.

Caracteriza-se por: $\lambda = 0,5$ a 50mm; $A = 0,1$ a 20mm, relativamente à macrotextura as superfícies do pavimento serão classificadas como: fechadas (sem macrotextura) ou abertas (com macrotextura).

A macrotextura é necessária para a expulsão da água da superfície do pavimento e para que se gerem perdas por histerese. Numa primeira fase possibilita o escoamento da água através dos interstícios, contribuindo para a diminuição da espessura da película de água, minimizando a probabilidade de ocorrência de hidroplanagem dinâmica.



Fonte: Adaptado de Rodrigues Filho, O.S. 2006, pág. 97

Figura 43 - Micro e macrotextura

4.3.2.3 Megatextura

Textura cujo comprimento de onda é da mesma ordem de grandeza que a interface pneu/pavimento. Surge vulgarmente associada a patologias do pavimento tais como cavados de rodeira, remendos, desagregação com perda de material, irregularidades de juntas ou fendilhação de maior dimensão.

Caracteriza-se por $\lambda = 50$ a 500mm ; $A = 0,1$ a 50mm .

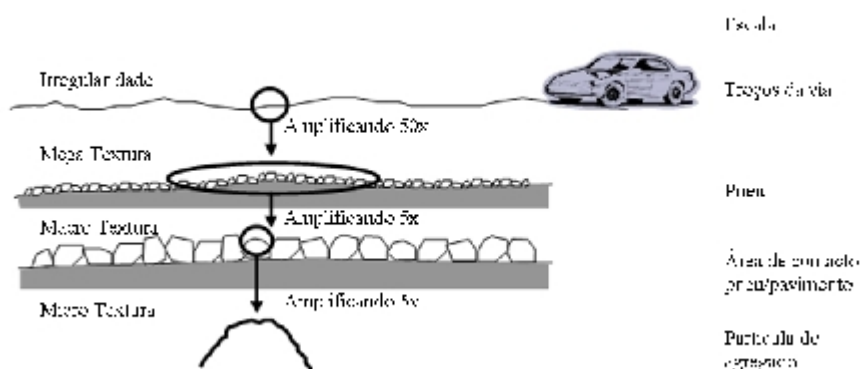
A megatextura afeta mais o ruído e a resistência ao rolamento do que o atrito pneu/pavimento propriamente dito, daí que seja um parâmetro a evitar⁷⁴.

4.3.2.4 Irregularidade

Pavimentos nos quais se verifiquem comprimentos de onda superiores ao limite acima definido (500mm) foram definidos por (HENRY, 2000) citado no NCHRP⁷⁵ como irregulares. Para além de provocar resistência ao rolamento a irregularidade afeta a dinâmica do veículo, causando desconforto durante o rolamento do pneu no pavimento e agravando os custos de manutenção das aeronaves.

Atendendo a que a regularidade dos pavimentos aeronáuticos é um dos requisitos do Anexo 14 à Convenção de Chicago este parâmetro será pormenorizado num capítulo exclusivamente dedicado a ele.

A Figura 44 ilustra os três níveis de textura e também o conceito de pavimento irregular.



Fonte: Hall, J.W. et al, (por referência a Sandburg, 2002) 2009, pág. 31

Figura 44 - Intervalos de textura

⁷⁴ Noyce, D.A. et al, 2005, pág. 4

⁷⁵ Hall, J.W. et al, 2009, pág. 30

4.3.3 Fatores condicionantes da textura

Segundo Hall⁷⁶, os fatores condicionantes da textura da superfície de um pavimento aeronáutico são:

- Fração fina do agregado – a durabilidade e a angulosidade da parte fina do agregado deverão ser controladas através da seleção de material e da forma como este é britado;
- Fração grossa do agregado – a seleção da fração grossa do agregado deverá ser criteriosa quanto à sua angulosidade, forma e durabilidade. Isto é particularmente crítico no betão de cimento, na parte exposta do agregado;
- Máxima dimensão do agregado – o tamanho do agregado mais grosso será responsável pelo comprimento de onda da macrotextura se próxima e uniformemente espaçado;
- Curva granulométrica da mistura – misturas demasiado abertas, características de pavimentos porosos, influenciam a estabilidade e os interstícios do pavimento;
- Viscosidade do betuminoso – betuminosos de baixa viscosidade tendem a provocar exsudação. Grandes quantidades de betuminoso podem também provocar exsudação. A exsudação afeta, podendo mesmo pôr em causa a micro e a macrotextura do pavimento. Também será importante que o betuminoso seja resistente à ação dos agentes atmosféricos, isto, na medida em que a função do betuminoso é agregar as partículas e a necessidade de as manter agregadas ao longo do tempo de vida do pavimento;
- Interstícios da mistura – os interstícios permitem uma melhor drenagem que também se reflete num aumento do atrito e numa redução de ruído pneu/pavimento;
- Espessura da camada – o aumento da espessura das camadas de pavimentos porosos possibilita a dispersão de um maior volume de água;
- Dimensão da texturização – as dimensões da texturização de pavimentos rígidos influenciam a macrotextura e consequentemente o atrito e o ruído;
- Espaçamento da texturização – o espaçamento transversal das ranhuragens em pavimentos rígidos aumenta a amplitude de onda da macrotextura mas pode afetar o espectro de frequências duplo;
- Orientação da texturização – a texturização em pavimentos rígidos poderá ser orientada transversal, longitudinal ou diagonalmente à direção do movimento. A orientação afeta as vibrações do pneu e daí o ruído;

⁷⁶ Hall, J.W. et al, 2009, pág. 32

- Isotropismo ou anisotropismo – a consistência da textura da superfície em todas as direções (superfície isotrópica) minimizará maiores comprimentos de onda reduzindo consequentemente o ruído;
- Desvio da textura – desvio positivo da textura resulta de uma maioria de altos no perfil da macrotextura, desvio negativo da textura resulta de uma maioria de baixos no perfil.

O Quadro 3 sumariza quais os fatores que influenciam a macro e a microtextura.

Quadro 3 - Fatores condicionantes da macro e microtextura

Pavimento	Fator	Microtextura	Macrotextura
Betão betuminoso	Fração fina do agregado		x
	Fração grossa do agregado	x	x
	Máxima dimensão do agregado		x
	Graduação da mistura		x
	Conteúdo dos interstícios		x
	Binder		x
Betão de cimento	Fração fina do agregado	x	
	Fração grossa do agregado	x (agregado)	x (agregado)
	Graduação da mistura		x (agregado)
	Dimensões e espaçamento da		x
	Orientação da texturização		x
	Desvio da textura		x

Fonte: Hall, J.W. et al (por referência a Sandburg, 2002; Henry, 2000; Rado, 1994; PIARC, 1995; AASHTO, 1976), 2009, pág. 33

4.3.4 Medição da textura

Relativamente à medição da textura, os pontos seguintes visam detalhar: a obrigatoriedade; a periodicidade e as metodologias de medição do parâmetro.

4.3.4.1 Obrigatoriedade de medição

Como anteriormente referido a medição da microtextura não é possível uma vez que não existe uma forma direta de o fazer, contudo, salienta-se a importância desta característica para

que as superfícies tenham atrito. A degradação da microtextura, causada pelo tráfego e pelos agentes atmosféricos, poderá acontecer num espaço de tempo muito inferior ao da degradação da macrotextura devida aos mesmos fenómenos. Uma forma de inferir sobre esta propriedade será a realização das medições do coeficiente de atrito a mais do que uma velocidade, daí a obrigatoriedade de realização dessas medições a duas velocidades distintas, 65 e 95km/h. As medições à velocidade mais elevada, 95km/h, permitirão inferir sobre a microtextura.

A macrotextura tem formas diretas de medição. Há também uma forma indireta de medição, através dos resultados das medições do coeficiente de atrito a velocidades mais reduzidas, muito embora esses valores também sejam dependentes da contaminação e da drenagem da superfície. Assim, impõe-se a necessidade de medição direta desse valor, podendo para tal recorrer-se à Técnica Volumétrica da Mancha, cuja metodologia se descreve em continuação.

4.3.4.2 Periodicidade das medições

Conforme proposta de autor da presente tese, sempre que se conduza uma campanha de medição do coeficiente de atrito obrigatória, então, também deverá ser avaliada a textura. Assim, deverão ser conduzidos ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha de pistas que entrem em serviço, pela primeira vez e sempre que sejam repavimentadas. A macrotextura de pistas novas ou repavimentadas será medida para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos.

Também se propõe que sejam obrigatórias as avaliações da macrotextura, nos casos em que o valor do coeficiente de atrito esteja abaixo do NMAN, visando detetar se o problema se deve à macro ou à microtextura.

Sempre que sejam realizadas operações de limpeza da pista, será desejável que se faça a avaliação da macrotextura após a limpeza para avaliar os resultados da mesma e para garantir que os valores são adequados.

Sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto à textura (macro ou micro ou ambos) da pista, dever-se-ão conduzir campanhas de avaliação deste parâmetro.

Em aeródromos nos quais se efetuam mais do que 31 aterragens (por pista, por dia) de aeronaves a reação, no mínimo, deverão ser realizadas três avaliações da macrotextura por ano.

Com o propósito da obtenção, regular, de dados sobre a textura da pista (macro e micro), para garantia de que as suas características se mantêm dentro do aceitável, em aeroportos internacionais, as avaliações deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

4.3.4.3 Metodologias de medição

A metodologia aconselhada para a medição da macrotextura será a realização de ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha.

Como anteriormente referido, a medição da microtextura não será feita por um processo direto, contudo os resultados obtidos através dos ensaios de Pêndulo Britânico podem, de uma forma indireta e qualitativa, contribuir para a classificação da microtextura (consultar no ponto referente à medição pontual do atrito).

Complementarmente a realização das avaliações do coeficiente de atrito a duas velocidades distintas, quando conjugadas com as avaliações da macrotextura, permitirão inferir sobre a condição da microtextura. Segundo a FAA⁷⁷ a avaliação do coeficiente de atrito a velocidades mais baixas (65km/h) permite tirar conclusões sobre a macrotextura a contaminação e a drenagem. A avaliação do coeficiente de atrito a velocidades mais elevadas (95km/h) permite tirar conclusões sobre a microtextura.

1) Método da Técnica Volumétrica da Mancha

É um método volumétrico para a determinação da macrotextura. Consiste no espalhamento circular de um volume pré definido de uma areia normalizada, ou de microesferas de vidro, no pavimento previamente limpo. A areia é espalhada com a ajuda de um disco normalizado, com uma superfície de espalhamento em borracha dura. Após o perfeito espalhamento da areia medem-se quatro diâmetros igualmente espaçados ao longo da circunferência, com os quais se calcula um diâmetro médio para esse ponto ao qual se chamará D. A profundidade média da macrotextura, em milímetros [mm], MTD (*Mean Texture Depth*) calcula-se através da expressão:

⁷⁷ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 3

$$MTD = \frac{4xV}{f_x D^2} \text{ [mm]} \text{ (eq. 15)}$$

Na qual:

V - volume de material espalhado (volume interno da proveta), em milímetros cúbicos [mm³];

D - diâmetro médio da área coberta pelo material, em milímetros [mm].

Este método e procedimentos a adotar são os estabelecidos na norma europeia EN 13036-1, 2001, a qual deverá ser adotada.

Para a caracterização da macrorugosidade de cada ponto, o mesmo operador deverá repetir o ensaio em, pelo menos, quatro locais aleatoriamente distribuídos na envolvente do mesmo.

A média aritmética dos valores individuais deve ser considerada como a profundidade média da macrotextura da superfície do pavimento ensaiada⁷⁸.

4.3.5 Níveis

Relativamente aos níveis de textura serão apresentados os intervalos de dimensões que determinam cada tipo de textura: micro; macro; mega e irregularidade; serão apresentados níveis de classificação da micro e da macrotextura e o IFI.

4.3.5.1 Intervalos de dimensões

Os intervalos de dimensão da textura serão os da 7:

Tabela 7. Intervalos de textura

Domínio	Intervalos de dimensões	
	Horizontal	Vertical
Microtextura	0-0,5mm	0-0,2mm
Macrotextura	0,5mm – 50mm	0,2m – 10mm
Megatextura	50mm – 500mm	1mm - 50mm
Irregularidade	0,5m – 50m	1mm – 20cm

Fonte: APS – Tabela 2.1.3 (ASTM E-867. 1997), 2006, pág 19

⁷⁸ Neves, J., 2008


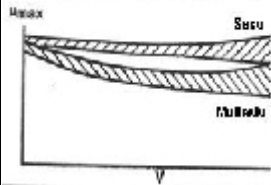

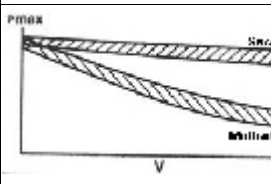

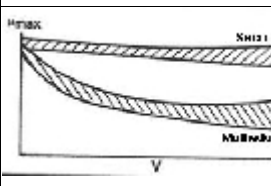

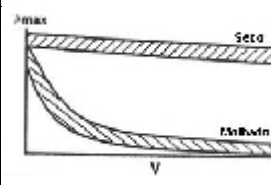
4.3.5.2 Níveis de textura

O Anexo 14⁷⁹ recomenda que em superfícies novas, pistas novas ou repavimentadas, os pavimentos tenham uma macrotextura não inferior a 1mm. Uma razão adicional para a necessidade da avaliação da macrotextura relaciona-se com o facto de que valores maiores de macrotextura podem conduzir a degradações precoces do pavimento e implicar maiores custos de manutenção.

1) Classificação (micro e macrotextura)

A classificação relativamente à textura de uma superfície deverá ser feita relativamente às suas duas componentes, macro e micro de acordo com o disposto na página seguinte.

Quadro 4 - Classificação relativamente à textura

Micro textura	Macro textura	Superfície	Textura	Coefficiente atrito vs. textura
Rugosa	Aberta		Rugosa e Aberta	
	Fechada		Rugosa e Fechada	
Polid ou Lisa	Aberta		Polida e Aberta	
	Fechada		Polida e Fechada	

De acordo com o parâmetro MTD - profundidade da macrotextura, obtido através do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha, será possível a classificação da macrotextura de acordo

⁷⁹ ICAO, A14, 2009, ponto 3.1.25, pág. 3-7

com o disposto na Tabela 8, que é uma combinação dos intervalos propostos para classificação de textura por Márcia APS⁸⁰ e os valores de referência da FAA⁸¹:

Tabela 8. Classificação da macrotextura

Profundidade da macrotextura (MTD)	Classificação da macrotextura
MTD < 0,25mm	Muito fechada
0,25mm < MTD < 0,40mm	Fechada
0,40mm < MTD < 0,76mm	Medianamente fechada
0,76mm < MTD < 1,14mm	Medianamente aberta
1,14mm < MTD < 1,20mm	Aberta
MTD > 1,20mm	Muito aberta

Quanto à microtextura observe-se o disposto no ponto referente à medição do atrito pontual.

2) *IFI*

O IFI (*International Friction Index*) é um índice constituído por dois parâmetros: atrito e textura. Resultou de uma experiência internacional, realizada em 1992 pela PIARC (*Permanente International Association of Road Congress*) para comparação e harmonização dos valores obtidos com os vários equipamentos de medição de atrito e a diferentes velocidades. Essa experiência recorreu à utilização de 51 equipamentos e dela resultou um banco de dados com mais de 15000 valores numéricos, relativos a distintos tipos de superfície de pavimento, que foram utilizados para a criação de uma escala comum de quantificação da aderência em pavimentos molhados.

O IFI representa-se por um par de valores (S_p ; F60) no qual F60 é a estimativa do coeficiente de atrito com uma velocidade de ensaio de 60km/h e o S_p é *Speed number* ou constante de velocidade, que traduz a dependência do atrito relativamente à velocidade no pavimento molhado, o qual tem uma forte correlação com a macrotextura. A sua determinação faz-se conforme a norma ASTM E 1960 (2003)⁸².

Primeiro terá que ser calculado o valor de S_p e só depois se poderá calcular o valor de F60, assim para a obtenção do S_p recorrer-se-á à equação 16:

⁸⁰ APS, M., 2006, pág. 125

⁸¹ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 23

⁸² ASTM, E 1960, 2003

$$S_p = a + b \times T_x \text{ (eq. 16)}$$

Na qual a e b são constantes dependentes do método utilizado, no caso do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha: a=-11,6 e b=113,6 e T_x é o valor da altura média da rugosidade em mm, ou seja MTD.

Para o cálculo de F60 será necessário o cálculo de FR60 que é o valor ajustado de atrito para a velocidade de 60km/h, com recurso à fórmula da equação 17:

$$FR60 = FRS \times e^{(S-60)/S_p} \text{ (eq. 17)}$$

Onde FRS é o valor medido, ou o Pêndulo Britânico – BPN (PTV) ou com o equipamento de medição de atrito em contínuo, por exemplo o *Griptester* - GP e S_p o valor anteriormente obtido. O valor de S é o valor da velocidade de escorregamento do equipamento, que no caso do pêndulo britânico assume um valor constante igual a 10 e no caso dos equipamentos de avaliação de atrito em contínuo um valor em função da velocidade, no caso do *Griptester* esse valor é igual a 15% da velocidade do ensaio:

$$S = 0.15 \times V \text{ (eq. 18)}$$

Seguidamente, o valor do Número de Atrito IFI, F(60) (*friction number*) será dado pela expressão da equação 19:

$$F60 = A + B \times FR60 + C \times T_x \text{ (eq. 19)}$$

Na qual A, B e C são constantes que dependem do método utilizado, no caso do ensaio do Pêndulo Britânico os seus valores são: A=0,056; B=0,008 e C=0,0; no caso do *Griptester* os seus valores são: A=0,0821; B=0,9104 e C=0,0.

Após a definição do par de valores S_p e F(60) é possível a obtenção do valor de F para qualquer velocidade S, com recurso à equação 20:

$$F(S) = F(60) \times e^{(60-S)/S_p} \quad (\text{eq. 20})$$

Alternativamente, poder-se-á apresentar o IFI como um par ordenado (S_p , $F(60)$), onde S_p dá uma ideia da macrotextura e $F(60)$ dá uma ideia da contribuição combinada da microtextura e macrotextura.

O modelo IFI descreve o atrito experienciado por um piloto durante uma travagem de emergência (desde o bloqueio até à paragem da roda), sem recurso a ABS.

APS (2006) propõe uma classificação do IFI (a 60km/h) segundo intervalos, conforme mostrado na Tabela 9, onde o índice de atrito é composto por meio de medições com aparelhagem portátil.

Tabela 9. Valores de IFI a 60km/h

Valores de IFI a 60km/h		
Péssimo	< 0,05	
Muito Mau	0,06	0,08
Mau	0,09	0,11
Regular	0,12	0,14
Bom	0,15	0,21
Muito Bom	0,22	0,35
Ótimo	> 0,35	

Fonte: Adaptado de APS – Tabela 5.4.1, 2006, pág. 158

4.3.6 Ensaios

Relativamente aos ensaios serão referidas quais as condições de aceitação de realização das medições; será referida a importância da competência e formação dos operadores dos equipamentos de medição; far-se-á referência aos materiais e equipamentos a utilizar; serão expostos os procedimentos a adotar durante as medições, nomeadamente com a referência aos locais a avaliar e serão discriminados quais os itens a registar em cada medição.

4.3.6.1 Condições das medições

De acordo com as normas de ensaios de medição de textura antes da realização dos ensaios o pavimento deverá ser inspecionado e deverão ser selecionadas áreas secas, homogêneas e nas quais não se manifeste a presença de características pontuais tais como fendilhações ou juntas. Dever-se-á ter especial atenção na interpretação dos resultados caso o método seja aplicado sobre superfícies porosas (muito abertas) ou ranhuradas com profundidades consideráveis.

4.3.6.2 Competência dos operadores - formação e treino

Todos os técnicos de laboratório a quem compete a realização das avaliações da textura deverão ter competência para operação e para a manutenção dos equipamentos, deverão conhecer as normas aplicáveis e fatores críticos deste tipo de ensaios, mas também é importante que tenham a capacidade de antecipar potenciais problemas e socorrer-se de determinadas soluções. Para tal serão essenciais os registos desse tipo de situações as quais posteriormente deverão ser armazenadas numa base de dados. A formação inicial deverá ser ministrada aos técnicos de laboratório pelos representantes dos equipamentos. O treino e a formação de novos técnicos de laboratório poderão ser ministrados por técnicos de laboratório treinados e experientes, durante as campanhas de avaliação. Caso se executem medições adicionais que visem propósitos de treino ou de manutenção de competências dos técnicos, os seus resultados poderão ser incluídos nos resultados da campanha caso sejam considerados válidos.

Salienta-se que este é um fator crítico das avaliações da textura na medida em que a possibilidade das campanhas originarem dados fidedignos sobre a textura depende fortemente da prestação dos técnicos de laboratório.

Caso as campanhas de avaliação da textura sejam adjudicadas a entidades externas ao aeroporto/aeródromo a verificação da competência e experiência dos técnicos de laboratório continua a ser do operador, a não ser que essas entidades externas tenham competência própria na matéria. É preferível que as empresas sejam certificadas/ acreditadas no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ).

4.3.6.3 Materiais e equipamentos

Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio e suas condições deverão ser os definidos na norma europeia sobre a avaliação da profundidade da macrotextura da superfície de um pavimento por recurso à Técnica Volumétrica da Mancha, a EN 13036-1 de 2001⁸³.

4.3.6.4 Procedimentos

A determinação da macrotextura deverá ser feita de acordo com as normas, pelo que se deverá recorrer ao disposto na norma europeia referente à Técnica Volumétrica da Mancha, EN 13036-1 de 2001⁸⁴.

As zonas a avaliar, de acordo com proposta de autor, serão as seguintes:

- De toque, a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência, nas imediações do eixo;
- Nos primeiros 150m após a soleira (para caracterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;
- No centro da pista, nas imediações do eixo;
- Sobre as marcas de distância fixa (*Aiming point*), caso existam;
- Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

A título de exemplo ou de sugestão note-se que o Comando da Aeronáutica brasileiro recomenda a medição da textura a cada 100m de pista em pontos situados a 3m do eixo, alternadamente à sua esquerda e à sua direita. O primeiro ponto a medir situar-se-á a 100m da soleira, a qualquer um dos lados do eixo.

4.3.6.5 Registos

Tal como em qualquer outro elemento do sistema de gestão de segurança (SMS) do operador do aeroporto/aeródromo, os procedimentos devem assegurar que todos os registos pertinentes, de todas as avaliações de textura da superfície da pista, são realizados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

⁸³ ECS, 2001

⁸⁴ ECS, 2001

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
 - Distância à origem da pista;
 - Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Volume de material utilizado para cada avaliação, em milímetros cúbicos;
- Número de testes efetuados;
- Diâmetro médio coberto por material, D, em milímetros, para cada teste;
- Profundidade da textura da superfície, MTD, em milímetros, de cada teste;
- Valores médios de MTD, em milímetros, por zona;
- Valor médio de MTD, em milímetros, de toda a pista
- Sempre que possível, registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Preferencialmente, registo fotográfico de cada zona avaliada.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção deverão ser registados: o local; a extensão de manifestação da patologia; os métodos empregues para a sua eliminação e os resultados obtidos.

4.3.7 Avaliação de resultados e ações a desenvolver

Serão apresentados os critérios de avaliação dos resultados e serão apresentadas as ações a desenvolver face aos resultados obtidos.

4.3.7.1 Avaliação

Para a avaliação dos resultados obtidos através da realização de ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha destinados à avaliação da macrotextura, deverão ser adotados os critérios da AC 150/5320-12C da FAA.

4.3.7.2 Ações a desenvolver

De acordo com o disposto nessa circular, consoante a profundidade média da macrotextura (MTD) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista) dever-se-á:

- **MTD <1,14mm** – Conduzir ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha sempre que é medido o coeficiente de atrito;
- **0,40mm <MTD <0,76mm** – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da macrotextura, a qual deverá estar conforme, num prazo não superior a um ano;
- **MTD <0,25mm** – Corrigir o problema da macrotextura num prazo máximo de 2 meses.

1) Ações corretivas

As ações corretivas, no caso de se verificar que a profundidade da macrotextura é insuficiente, deverão incidir sobre os locais afetados e passarão pela realização de operações de limpeza e/ou texturização do pavimento de forma a obter valores de macrotextura superiores a 0,76mm.

2) Novas medições

Após a conclusão das medidas prescritas pelas ações corretivas, dever-se-ão conduzir novas campanhas de medição da textura para aferir o sucesso das mesmas e para garantir a conformidade da superfície da pista quanto a este critério.

4.3.8 Considerações relativas à textura da proposta de emenda do Anexo 14

Segundo a proposta de emenda do Anexo 14, a média da textura não deve ser inferior a 1mm (3.1.25)⁸⁵, a micro e a macrotextura devem ser tomadas em consideração de forma a favorecer, as características de atrito.

No *Attachement A*, para além da importância do atrito fala ainda em outros parâmetros do pavimento, que aquando da sua conceção podem condicionar a drenagem (8.3)⁸⁶ nomeadamente, as inclinações e a textura, fazendo a distinção entre micro e macrotextura. Propondo a classificação ESDU (*Engineering Sciences Data Unit*) 71026 da macrotextura, obtida por recurso à Técnica Volumétrica da Mancha, a qual respeita os seguintes intervalos:

⁸⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-10

⁸⁶ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-67 a A-69

Tabela 10. Classificação de Textura ESDU

Classificação Textura ESDU 71026	
Classificação	Profundidade da
A	0.10 – 0.14
B	0.15 – 0.24
C	0.25 – 0.50
D	0.51 – 1.00
E	1.01 – 2.54

Fonte: ICAO, *Proposal for the amendment of Annex 14*, 2011, pág. A-68

E que para propósito de construção, projeto e manutenção, se possa adotar a ISO 13473-1: *Characterization of pavement texture by use of surface profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth*. A qual define a distinção entre micro e macrotextura no valor de 0,5mm. Apresentando no método volumétrico um intervalo de 0,25mm a 5mm (MTD). E no método profilométrico um intervalo de 0 a 5mm (MPD).

4.3.9 Texturização - benefícios e problemas

Para que os pavimentos aeronáuticos possam desenvolver cabalmente as suas funções, os mesmos deverão ter uma textura superficial adequada. Esta textura para além de ser fundamental para a garantia das condições de contacto pneu/pavimento, confere ainda uma espécie de microdrenagem. Não tem a capacidade de expulsar a água mas é responsável pela quebra da película de água à superfície do pavimento, e assim, minimiza a probabilidade de ocorrência de hidroplanagem, que é um fenómeno preocupante uma vez que as gamas de velocidades a que a mesma ocorre são da mesma ordem de grandeza das velocidades praticadas pelas aeronaves nas suas manobras de aterragem e corrida à descolagem (na casa dos 250 km/h).

Quando a formulação da mistura não permite a obtenção de uma textura adequada esta poder-lhe-á ser conferida durante a construção ou até mesmo após a entrada em serviço do pavimento, por recurso a processos mecânicos ou químicos denominados texturização. A adoção deste tipo de medidas deverá ser criteriosamente ponderada uma vez que delas poderão resultar alguns fatores de incomodidade tais como: o excesso de ruído; o aumento da irregularidade superficial; o aumento do desgaste dos pneus; o aumento do desgaste superficial dos pavimentos (mais grave nos pavimentos rígidos).

Relativamente às pistas, onde as características do coeficiente de atrito e textura são mais determinantes na direção longitudinal, que é a direção do movimento das aeronaves, a texturização mais eficiente é a transversal. As ranhuras ou texturização transversal, promovem caminhos perpendiculares à direção do tráfego, para expulsão da água à superfície do pavimento e para a “quebra” das lâminas de água, que complementam as inclinações transversais das quais os pavimentos são dotados para efeitos de drenagem de água da plataforma. Cumulativamente a ranhuragem do pavimento ainda promove a redução da aspersão de água e da reflexão da luz no pavimento durante o período noturno.

4.3.10 Processos de texturização durante a construção

4.3.10.1 *Textura de carpete de relva sintética*

Para obtenção deste tipo de textura acopla-se uma faixa de relva sintética a um equipamento que tenha a capacidade de controlo do tempo e da taxa de texturização. Esta faixa deverá ter 60m de largura e ser movida na direção da texturização, a título ilustrativo no caso de a texturização ser transversal à pista, que é a indicada, a faixa será movida no sentido da largura da pista. A textura produzida deverá ser profunda e uniforme, condição que é dependente do peso específico da relva sintética. Uma faixa de polietileno com lâminas de relva de 22cm de comprimento, com cerca de 7750 lâminas por cm^2 , é exemplo de um material adequado.

4.3.10.2 *Texturização transversal com fios duros*

Este tipo de texturização é feito com uma única passagem de um equipamento de texturização de operação mecânica transversal à pista, ou seja, no sentido da largura da pista. O equipamento consiste num pente de fios metálicos, ligeiramente flexíveis, com espaçamentos entre fios entre 13mm e 25mm. Espaçamentos menores conduzem ao lasqueamento prematuro do pavimento e espaçamentos maiores conduzem ao aumento do ruído produzido no rolamento dos pneus sobre o pavimento (o que na aviação será um fator de menor importância uma vez que o ruído dos motores é muito superior). A largura da estria deverá ser de 3mm. Este processo aplica-se enquanto o betão está fresco, de forma a obter profundidades no mínimo de 3mm e no máximo de 6,5mm.

4.3.10.3 *Texturização transversal por varrimento mecânico*

Este tipo de texturização é feito com um equipamento de operação mecânica, dotado de uma vassoura texturizadora que se move em vaivém transversal à pista. A vassoura consiste num

conjunto de fileiras múltiplas de pelos duros capazes de produzir estrias com profundidades entre os 1,5mm e os 3mm no betão fresco. As estrias resultantes deverão ser uniformes, com espaçamentos iguais à profundidade.

4.3.10.4 Texturização transversal com fios duros precedida por texturização longitudinal com relva sintética

É recomendada para vias de alta velocidade pelo que também se adequa a pistas. A texturização transversal proporciona um padrão de drenagem melhor e um incremento da resistência inicial à derrapagem, devido aos sulcos profundos e também a um aumento de controlo direcional, conferido pela passagem longitudinal inicial da relva sintética.

4.3.10.5 Outros processos

Existem ainda outros processos de texturização, tais como: varrimento mecânico transversal com pente de fios flexíveis; varrimento manual com vassoura de piaçaba ou com vassoura de fios duros, texturização transversal com cilíndrico metálico dotado de saliências; arrastamento de serapilheira no betão fresco, os quais podem ser utilizados ainda que com menor eficiência dos resultados.

4.3.10.6 Resultados

Avaliações do coeficiente de atrito realizadas pela ABCP⁸⁷, a diferentes velocidades, em pavimentos texturizados, demonstraram que os melhores resultados, segundo o método de texturização, foram por ordem decrescente de eficiência:

- Texturização transversal com pente de fios duros precedida por texturização longitudinal com relva sintética;
- Texturização transversal com pente de fios duros;
- Texturização transversal com pente de fios flexíveis;
- Texturização transversal com vassoura de fios duros;
- Texturização transversal com vassoura de fios flexíveis;
- Texturização transversal com tubo cilíndrico metálico dotado de saliências;
- Texturização transversal com vassoura de piaçaba;
- Texturização longitudinal com pente de fios duros;

⁸⁷ ABCP, 2003^a, pág. 5

- Texturização longitudinal com carpete de relva sintética ou de serapilheira;
- Texturização por vassouramento longitudinal.

4.3.11 Processos de texturização de pavimentos em serviço

No caso de pavimentos já existentes, é essencial a auscultação do pavimento antes da consideração de qualquer um dos métodos que seguidamente se apresentam. Dependendo do método selecionado e da condição do pavimento, poderá ser necessário um reperfilamento do pavimento existente.

4.3.11.1 Ranhuragem, Grooving

A ranhuragem, ou *grooving* é um processo eficaz de beneficiação da textura dos pavimentos (rígidos e flexíveis) e consequentemente das condições de travagem nas pistas. Este método também poderá ser utilizado aquando da construção de pavimentos rígidos novos, neste caso muito embora haja outros métodos, o mais eficaz é o corte das ranhuras tal como é descrito para os pavimentos existentes.

O processo de corte do pavimento com disco resulta na obtenção de ranhuras alinhadas e de profundidades e larguras uniformes. Este é o método mais eficaz para a redução da película de água à superfície dos pavimentos, no entanto, especialmente no caso de pavimentos compostos por agregados duros, torna-se bastante dispendioso.

Segundo a ICAO⁸⁸, para a justificação da adoção deste processo deverão ser tidos em consideração os seguintes fatores:

- Estatística de acidente/incidentes relacionados com o fenómeno de hidroplanagem;
- Pavimentos molhados (percentagem de dias de chuva, no ano e intensidade da mesma);
- Inclinações transversais e longitudinais, presença de zonas planas, depressões ou outras irregularidades que possam debilitar a drenagem;
- Textura da superfície do pavimento (polimento do agregado; deficientes micro ou macrotexturas; pavimentos contaminados);
- Limitações do terreno envolvente;
- Adequabilidade do número de pistas e dos seus comprimentos ao tráfego;

⁸⁸ ICAO, ADM, Part 3, 1983, pág. 3-215

- Efeitos dos ventos cruzados, especialmente quando associados a baixos níveis de coeficiente de atrito;
- A capacidade estrutural e a condição dos pavimentos.

Os pavimentos deverão ser auscultados antes da realização da ranhuragem. Dever-se-á garantir que os mesmos são densos, estáveis e bem compactados, não será aplicável a superfícies que se apresentem deteriorados ou a pavimentos rígidos fraturados. Em pavimentos nos quais a relação entre a inclinação longitudinal e a transversal seja tal que a água escorra ao longo da pista e não transversalmente, assim como em depressões do pavimento, não se deverá recorrer à ranhuragem.

Os projetos de ranhuragem deverão respeitar 3 parâmetros: profundidade; largura e espaçamento entre ranhuras. Os critérios recomendados pela FAA⁸⁹ (AC 150/5320-12C, pág.7) são:

- Configuração das ranhuras: profundidade igual a 6mm ($\pm 1,6$ mm); largura igual a 6mm ($+1,6$ mm, -0 mm) e espaçamento (de centro de ranhura, a centro de ranhura, igual a 38mm (-3 mm, $+0$ mm));
- A profundidade de 60% ou mais das ranhuras não deverá ser inferior a 6mm;
- As ranhuras deverão ser contínuas em toda a extensão da pista e perpendiculares à direção do movimento, ou seja as ranhuras deverão ser transversais, feitas no sentido da largura da pista;
- As ranhuras deverão ser interrompidas a 3m do bordo do pavimento de forma a permitir a trafegabilidade do equipamento de ranhuragem;
- As ranhuras não deverão ter variações longitudinais superiores a 8cm por cada 23m ao longo de toda extensão da pista, sendo permitidos realinhamentos de 150 em 150m;
- Em pavimentos rígidos as ranhuras não deverão estar situadas nem a menos de 8cm, nem a mais de 23cm das juntas transversais, podendo continuar ao longo das juntas longitudinais;
- Em locais onde existam cabos de iluminação a ranhuragem longitudinal ou diagonal aos locais onde estes se encontram deverá ser evitada, as ranhuras podem ser mantidas sobre as juntas de construção longitudinais;

⁸⁹ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 7

- Nas imediações das armaduras de iluminação e de passagem de cabos deve ter-se um cuidado extremo no processo de ranhuragem. As ranhuras não se deverão situar, nem a menos de 15cm, nem a mais de 46cm, das armaduras de iluminação.

Durante o processo da ranhuragem do pavimento dever-se-á ter muito cuidado quanto à limpeza do pavimento e à remoção do material sobranter: a limpeza deve ser efetuada permanentemente ao longo de todo o processo e os materiais sobrantes deverão ser convenientemente lavados, varridos ou aspirados da superfície da pista. Os resíduos resultantes não poderão ser depositados nos dispositivos de drenagem nem na faixa da pista. Estes materiais são *debris* e por isso a sua presença na pista ou na faixa constitui um perigo potencial elevado para as aeronaves.

Na presença de cruzamentos de pistas a escolha da pista a ranhurar será feita com base nos aspetos relacionados com a drenagem. Assim, a ranhuragem far-se-á de modo a que as ranhuras estejam o mais alinhadas possível com a maior inclinação transversal do cruzamento, complementarmente também poderão ser considerados aspetos relacionados com a pista que permitem maiores velocidades de circulação das aeronaves; pistas nas quais o cruzamento se situe na zona de toque; ou após realização de estudos de avaliação de risco.

Segundo a ICAO⁹⁰ a experiência tem demonstrado que a ranhuragem não contribui para o aumento da deterioração dos pavimentos de betão betuminoso e não afeta significativamente a condição dos pavimentos em betão de cimento.

4.3.11.2 Ranhuragem à percussão

É um método alternativo (e mais económico) à ranhuragem com serras de disco, que utiliza cabeças de corte pentagonais ou em forma de estrela, que suavizam as arestas das ranhuras. As características da secção de corte e do espaçamento das ranhuras serão função da chuvada local e das inclinações na pista. Em betão de cimento, os afastamentos entre ranhuras variam entre os 42mm e os 48mm, em betão betuminoso entre 42mm e 56mm, podendo estes valores decrescer caso as condições locais assim o determinem. Também se podem adotar maiores afastamentos entre as ranhuras, por exemplo nos topos das pistas, onde as aeronaves alinham. Como referência, para betão betuminoso indicam-se relações de largura/profundidade/afastamento de 9/3/58mm; para betão de cimento 10/3/27mm. As

⁹⁰ ICAO, ADM, Part 3, 1983, pág. 3-215

condições de aplicação e o modo de execução são análogas às descritas para a ranhuragem com serras de disco.

4.3.11.3 Escovagem

A escovagem é um método para melhoria da textura de pavimentos rígidos que consiste numa única passagem de um cilindro revestido por lâminas de serras de corte. Em cada troço de 30cm de largura do cilindro, no mínimo, deverão estar incorporadas 50 lâminas circulares de diamante. O cilindro faz parte de um equipamento motorizado de rodas múltiplas, que permite uma profundidade de escovagem uniforme.

O método apenas será aplicável caso o pavimento esteja isento de irregularidades, patologias de juntas ou fragmentação e deverá ser aplicado previamente em troços experimentais para determinar a profundidade da textura a conferir, na medida em que esta, é função do tipo de betão. É um método que gera muitas poeiras pelo que posteriormente há necessidade de varrer e lavar o pavimento.

4.3.11.4 Decapagem mecânica

1) Granalhagem

A granalhagem é um processo destinado a melhorar as condições de aderência de pavimentos aeronáuticos através do aumento do atrito pneu/pavimento com ação simultânea na micro e na macrotextura. Este processo recorre a um camião que na sua parte frontal dispõe de um dispositivo que projeta granalha de aço (esferas de aço com 1 a 2mm de diâmetro) contra o pavimento. A granalhadora funciona sobre circuito fechado permitindo a recuperação total da granalha e a aspiração dos resíduos resultantes da decapagem do pavimento, os quais são armazenados no interior do camião para depois serem levados a vazadouro.

A velocidade de passagem do camião e o número de passagens é determinante nos resultados do processo, sendo que a agressividade varia numa razão inversamente proporcional à velocidade de circulação. Assim, a velocidade deverá ser ajustada de acordo com os resultados pretendidos. A altas velocidades atua sobre a microtextura, nomeadamente através da limpeza que promove, provocando a desintegração das partículas de borracha, lamas, gorduras e outros contaminantes que se vão acumulando à superfície dos pavimentos. A velocidades mais reduzidas atua sobre a macrotextura e também pode ser utilizado para remoção de pinturas.

A flexibilidade do processo faculta a realização de intervenções direcionadas e à medida das necessidades, permitindo a possibilidade da conservação da sinalização horizontal caso se pretenda, ou caso não existam problemas estruturais, e a adoção do processo tantas vezes quantas necessárias.

2) *Equipamento de jato de água de precisão*

O recurso ao equipamento de jato de água de precisão é um processo destinado a melhorar as condições de aderência de pavimentos aeronáuticos através do aumento do atrito pneu/pavimento. Este processo recorre a um camião que na parte frontal dispõe de um dispositivo de aspersores de água a elevada pressão, que projetam a água (proveniente de uma cisterna também acoplada ao camião) no pavimento. Posteriormente a água e os detritos resultantes do processo são aspirados para o interior do camião.

Este processo também poderá ser utilizado para a remoção de pinturas do pavimento.

O equipamento poderá ser utilizado em qualquer tipo de superfície (mesmo nos pavimentos com ranhuração e escovagem) e a agressividade com que atua permite a realização de tantas intervenções quantas necessárias, caso não se verifique a existência de outro tipo de patologias.

4.3.11.5 *Decapagem química*

Refere-se ao processo de obtenção das características de aderência da superfície do pavimento pela técnica da decapagem química. Este processo permite garantir para o tráfego uma adequada aderência, através de um tratamento da superfície, realçando a fração grossa do agregado, que terá que ser de elevada qualidade no que se refere à dureza e ao polimento acelerado.

4.3.11.6 *Revestimentos*

Os revestimentos são camadas de desgaste delgadas que se destinam a conferir textura, de forma a aumentar os valores do coeficiente de atrito. Estas camadas de desgaste apenas podem ser aplicadas sobre pavimentos flexíveis.

1) *Com incrustações*

Refere-se ao processo de obtenção das características de aderência da superfície do pavimento por encastramento de gravilhas duras, executam-se procedendo ao espalhamento de uma ou mais camadas de aglutinante betuminoso (betume ou emulsão betuminosa), espalhando seguidamente agregado grosso e/ou fino que é cilindrado de modo a ficar incrustado no ligante.

Para este tipo de revestimentos deverão ser utilizados betumes tipo 160/220⁹¹ ou emulsões catiónicas de rotura rápida, ECR-3⁹². Os valores do coeficiente de atrito obtidos por recurso a este método terão uma longevidade não superior a cinco anos.

Estes revestimentos não deverão ser utilizados nos topos das pistas por as manobras de início à descolagem e de viragem poderem dar origem a derrames, sobreaquecimento do betuminoso e precipitar a desagregação decorrente do *jet-blast* (efeito de sopro produzido por uma aeronave).

2) *Lama asfáltica, slurry-seal*

As lamas asfálticas fabricam-se, normalmente, a frio com emulsões betuminosas de rotura controlada e agregados finos, as espessuras deste tipo de revestimento não deverão ultrapassar os 2cm de espessura final. Para além da rugosidade que conferem à superfície, incrementando os valores do coeficiente de atrito servem também para a colmatação de fissuras. Esta técnica também se destaca pela facilidade de espalhamento e pelo elevado rendimento.

Face às parcas espessuras deste tipo de revestimentos é essencial que estas camadas tenham boa resistência ao desgaste. Assim, a dosagem das lamas deve ser determinada em função de ensaios laboratoriais de abrasão por via húmida⁹³.

3) *Camada drenante*

O revestimento de pavimentos com camadas drenantes consiste na aplicação de camadas elaboradas com misturas de composição granulométrica aberta. Para além de proporcionarem macrotexturas abertas também resultam em camadas com elevados índices de vazios que permitem a percolação da água, contribuindo para a diminuição da probabilidade de

⁹¹ APORBET, 1998, pág. 3

⁹² APORBET, 1998, pág. 6

⁹³ APORBET, 1998, pág. 58

ocorrência de hidroplanagem. Caso a manutenção deste tipo de camadas seja adequada os benefícios associados a este tipo de revestimento poderão manter-se por períodos longos de tempo.

Este tipo de revestimento apenas poderá ser executado em pavimentos com parâmetros de regularidade equivalentes a pistas novas, ou reperfiladas e sobre camadas de pavimento estáveis e com macrotextura fechada (betuminosos densos), para garantir a expulsão adequada da água.

Não é recomendável a realização deste tipo de revestimentos nos topos das pistas uma vez que este tipo de camadas é mais sensível à erosão provocada pelos derrames de óleos e combustíveis, pelo sobreaquecimento e pelo *jet blast*. Alternativamente estes locais poderão ser constituídos por betões betuminosos densos ou por betões de cimento ranhurados ou escovados.

4.4 Irregularidade

Na base para redação dos capítulos sobre irregularidade estiveram entre outros um documento sobre a medição e quantificação da regularidade de pistas da Boeing; a tese de Doutorado de Márcia APS e um documento da WSDT (*Washington State Department of Transportation*) sobre avaliação de pavimentos.

4.4.1 Definições

Entende-se por irregularidade o desvio da superfície da pista, em relação a um plano de referência, o qual afeta negativamente a circulação das aeronaves. Afeta a circulação, quanto à: suavidade; velocidade; estabilidade; segurança do movimento e ainda contribui para a degradação precoce do pavimento.

Tabela 11. Irregularidade

Irregularidade	
Horizontal	Vertical
0,5m – 50m	1mm – 20cm

Fonte: APS – Tabela 2.1.3 (ASTM E-867. 1997), 2006, pág 19

A base dos fundamentos desta tese, quanto à irregularidade, foi um estudo realizado pela Boeing “*Runway roughness measurement, quantification, and application – The Boeing Method*” cujo documento é o D6-81746⁹⁴. A Boeing começou a preocupar-se com o problema da irregularidade em 1968, devido a reportes dos pilotos da Ethiopian Airlines, relativamente à pista de Addis Ababa quanto a este parâmetro. Os pilotos referiam que as irregularidades na pista eram de tal ordem, que a incomodidade que a mesma causava durante as manobras de decolagem e aterragem era maior do que a provocada em algumas aterragens duras/forçadas.

A análise da irregularidade faz-se a duas dimensões, ver Tabela 11, na medida em que se trata de avaliar a variação altimétrica do perfil ao longo do seu desenvolvimento. Não se determinam irregularidades pontuais, determinam-se irregularidades ao longo de intervalos.

Complementarmente também importa relacionar a extensão da manifestação da irregularidade com a frequência de ocorrência das irregularidades. Assim, dever-se-ão distinguir irregularidades de elevados comprimentos de onda e frequências reduzidas (as quais potenciam o desconforto dos passageiros) de irregularidades de reduzidos comprimentos de onda mas com frequências de ocorrência elevadas (as quais causam vibrações e oscilações e para além do desconforto que provocam aos passageiros, aumentam as cargas dinâmicas e afetam os instrumentos das aeronaves).

Importa também fazer a distinção quanto ao sentido do movimento, assim, ter-se-ão dois tipos de irregularidade: longitudinal e transversal. As perturbações causadas às aeronaves pela falta de regularidade, num ou noutro sentido, têm diferentes impactos.

4.4.1.1 Irregularidade longitudinal

A irregularidade longitudinal é a falta de regularidade na direção do movimento das aeronaves na pista, é a não conformidade do perfil da superfície da pista no seu sentido longitudinal. É neste sentido que a irregularidade assume maior importância uma vez que é neste sentido que ela mais influencia o conforto e a segurança da circulação.

⁹⁴ BCAGATO, 2002

4.4.1.2 Irregularidade transversal

A irregularidade transversal é a falta de regularidade na direção perpendicular ao movimento das aeronaves na pista, é a não conformidade do perfil da superfície da pista no sentido transversal.

Os fenômenos associados à irregularidade transversal que suscitam maior preocupação são os assentamentos diferenciais do pavimento ao longo do tempo (fenômenos plásticos) e os cavados de rodeira resultantes do tráfego canalizado, ambos inaceitáveis em pavimentos aeronáuticos. Dada a escassa probabilidade de ocorrência destes fenômenos, em pavimentos aeronáuticos, não será primordial a medição deste parâmetro (mas poder-se-á medir). No entanto, atendendo a que as deficiências do perfil transversal afetam o conforto e podem afetar a segurança das operações (especialmente no caso de pavimentos molhados), dever-se-á proceder à avaliação deste parâmetro para: aferir o ajuste das inclinações transversais às inclinações de projeto; procurar zonas de acumulação de água ou como acima referido, para a interpretação de fenômenos de assentamentos diferenciais ao longo do tempo ou deformações plásticas.

4.4.2 Fatores de incomodidade

A irregularidade tem consequências que prejudicam a segurança operacional. Os principais problemas a ela associados são:

- As vibrações que causam às aeronaves, que impossibilitam leituras adequadas dos instrumentos durante as descolagens;
- Os esforços provocados nos trens de nariz e principal quando as aeronaves circulam sobre pavimentos com irregularidades longitudinais muito extensas (de grandes comprimentos de onda), que podem conduzir a situações limite;
- A fadiga que causam ao trem de aterragem e sua estrutura.

Na perspetiva dos pilotos, a incomodidade gerada pela irregularidade traduz-se quando se verificam incrementos na aceleração de $\pm 0.4g$. Este fator é mais limitado pela superfície da pista, cuja irregularidade longitudinal provoca acelerações verticais, do que pelo trem da aeronave e sua fadiga estrutural.

4.4.3 Medição da irregularidade

Relativamente à medição da irregularidade, os pontos seguintes visam detalhar: a obrigatoriedade; a periodicidade e as metodologias de medição do parâmetro.

4.4.3.1 Obrigatoriedade de medição

O Anexo 14 da ICAO, no ponto 10.2.2⁹⁵ obriga a que a manutenção das condições do pavimento seja tal que previna a formação de irregularidades, complementarmente no ponto 5 do Anexo A⁹⁶ estabelece, de acordo com o comprimento do troço irregular, limites máximos permanentes e limites máximos temporários para as irregularidades verticais da superfície das pistas. Assim, e para garantir que estes valores não são excedidos é necessária a condução de campanhas de avaliação da irregularidade. É da competência do regulador, INAC, exigir aos operadores dos aeródromos que avaliem este parâmetro e garantam que o mesmo está dentro dos limites que permitem que as operações de aeronaves se desenvolvam de uma forma segura e confortável para os passageiros.

É possível que no futuro as companhias de aviação contabilizem o impacto da irregularidade dos pavimentos nos custos de manutenção das aeronaves e os imputem aos operadores do aeródromo/aeroporto.

4.4.3.2 Periodicidade das medições

A irregularidade de pistas novas ou repavimentadas será medida para verificar em que medida é que os objetivos de projeto foram ou não atingidos.

O fenómeno da irregularidade não é, normalmente, detetável. Como primeiros sintomas do problema costumam surgir as queixas dos pilotos. Assim, sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, deverão ser conduzidas campanhas de avaliação deste parâmetro.

A manifestação de problemas de drenagem, com acumulação de água na superfície da pista, também conduz à necessidade de avaliação da irregularidade.

⁹⁵ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1

⁹⁶ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6 e A-7

Com o propósito da obtenção, regular, de dados sobre a irregularidade, para garantia de que as suas características se mantêm dentro do aceitável, em aeroportos internacionais, as medições da irregularidade deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

O acima disposto refere-se a medições da irregularidade longitudinal, quanto à irregularidade transversal ela apenas terá que ser medida no caso de pistas novas ou repavimentadas ou em casos de suspeitas de falta de regularidade transversal, desde que devidamente fundamentadas.

4.4.3.3 Equipamentos de medição

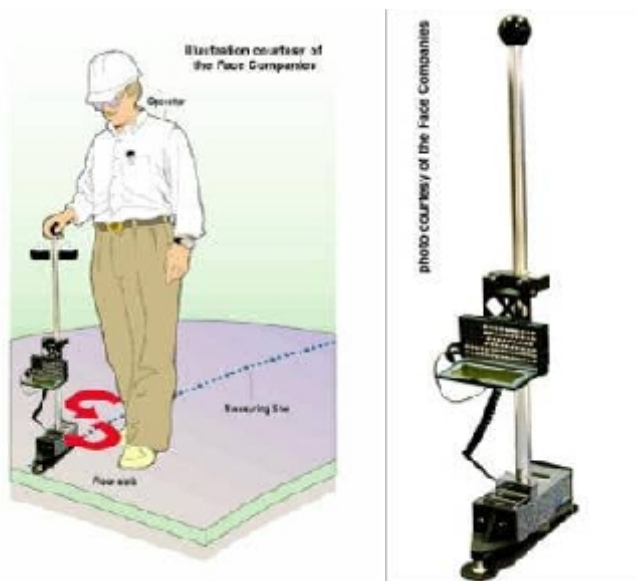
A medição da irregularidade poderá ser feita com recurso a diversos tipos de equipamento. Desde os mais simples, de nível e mira, passando pelos equipamentos de laser, aos equipamentos de medição em contínuo do tipo perfilógrafo inercial. Qualquer um deles será aceite desde que respeitados os números mínimos de valores a registar.

1) Nível e mira

É um método estático de medição da irregularidade. O recurso ao levantamento topográfico, pelos métodos clássicos, com GPS ou estação total, pode ser usado desde que pontualmente. A larga escala é impraticável, quer pelo fator tempo, quer pelo fator custo.

2) Dipstick

É um método estático de medição da irregularidade. O *dipstick* é um equipamento que consiste num inclinómetro suportado por dois apoios com um afastamento de 30,5cm, cada um com um mostrador digital. Cada mostrador lê a diferença de cota do apoio que lhe corresponde relativamente ao outro apoio. O operador do equipamento vai percorrendo os alinhamentos predefinidos e os dados vão sendo registados sequencialmente. O dispositivo grava 10 a 15 leituras por minuto. O *software* de análise de dados traça um perfil com uma precisão de aproximadamente 0.005m. O *dipstick* é operado por um só operador mas permite demorar apenas metade do tempo que levaria caso se recorresse a um levantamento clássico, ainda assim apenas deverá ser utilizado se as medições a efetuar forem pontuais.



Fonte: www.pavementinteractive.org/article/roughness/, consultada a 30/08/2010

Figura 45 - Dipstick

3) Perfilómetros

Existem muitos tipos de perfilómetros, ainda que todos, devido à sua estrutura, sejam pouco práticos para a realização de avaliações de pistas em serviço, por isso, são mais utilizados em casos de avaliações de pistas novas ou recarregadas ou de processos associados à execução de lajes em betão de cimento, para efeitos de controlo de qualidade. Os perfilómetros são constituídos por uma estrutura articulada plana metálica, no centro da qual está acoplada uma roda sensora do movimento vertical. O desvio relativamente a um plano de referência, estabelecido pelo perfilómetro, é gravado (automaticamente em alguns modelos) num gráfico em formato papel. O perfilómetro é capaz de detetar pequenos desvios ou ondulações em troços até 6m. Um dos perfilómetros mais conhecidos é o Califórnia.



Fonte: www.pavementinteractive.org/article/roughness/, consultada a 30/08/2010

Figura 46 - Perfilómetro Califórnia

4) *Road meter*

Estes equipamentos permitem a obtenção do conjunto das condições de irregularidade da superfície da pista na sua totalidade. O *Road meter* é um veículo dotado de um dispositivo que mede os movimentos verticais do eixo traseiro ou de um atrelado a um veículo motor no qual é medido o movimento vertical do atrelado relativamente ao veículo motor. Os sensores são instalados em veículos com transdutores de deslocamento. Os transdutores detetam pequenos incrementos do movimento do eixo relativamente ao corpo do veículo. O resultado visualizado é uma faixa com o movimento registado versus o tempo do percurso. A maior desvantagem deste equipamento advém da medição do movimento versus o tempo depender da dinâmica do veículo, o que leva a que o método não seja estável no tempo e das medições obtidas não serem passíveis de comparação com medições obtidas com outros métodos.



Fonte: www.pavementinteractive.org/article/roughness/ , consultada a 30/08/2010

Figura 47 - Road Meter

5) *Perfilómetro inercial*

O perfilómetro inercial permite obter uma reprodução fiel, precisa, à escala e completa, do perfil do pavimento dentro de um determinado intervalo. São os perfilómetros mais sofisticados porque usam um sistema inercial de referência. Estes perfilómetros medem e reproduzem no computador um perfil longitudinal através da criação de um referencial inercial por recurso a acelerómetros colocados no corpo de medição do veículo. O deslocamento relativo entre o acelerómetro e o perfil do pavimento é medido com um sensor que pode ser de contacto ou não.

Os sistemas mais modernos são instalados em carrinhas que dispõem de microcomputadores que leem, calculam e gravam os resultados das campanhas de medição de irregularidade.



4.4.4 Níveis de irregularidade

A ICAO⁹⁷, define três níveis diferentes de exigência relativamente à irregularidade: o valor de projeto; o valor máximo admissível e o valor máximo temporariamente admissível. O valor de projeto aplica-se apenas a superfícies de pistas novas ou repavimentadas, os outros dois aplicam-se a pistas já em serviço. Os valores máximos admissíveis variam consoante a extensão do troço irregular e consoante o seu caráter de permanência no tempo, ou seja, consoante são temporários ou permanentes.

Não obstante a aceitação da irregularidade seja diferente consoante a aeronave e a velocidade, na generalidade, a ICAO⁹⁸ considera aceitáveis irregularidades da ordem dos 2.5cm a 3cm em troços de 45m de extensão.

Internacionalmente existem índices para a quantificação da irregularidade, que são: o PSR (*Present Serviceability Rating*); o IRI (*International Roughness Index*) e o CP40 (*Coefficient de Planéité 40*), segundo os quais, opcional e complementarmente, o operador do aeródromo/aeroporto poderá classificar os seus pavimentos aeronáuticos.

4.4.4.1 Níveis de irregularidade

São três os níveis de irregularidade estabelecidos pela ICAO: um nível de projeto; um nível máximo admissível e um nível máximo temporariamente admissível.

1) Valor de projeto

O critério de aceitação relativamente à irregularidade definido pela ICAO, disposto no Anexo 14⁹⁹ aponta para a necessidade de uma regularidade tal que permita, que quando apoiada uma régua de 3m, em qualquer local da pista e em qualquer direção, não se visualize nenhum desvio entre a base da régua e a superfície do pavimento, superior a 3mm, isto ao nível de projeto, que é o mesmo que dizer para superfícies novas ou repavimentadas. Não é passível a aplicação deste critério a zonas de transição da inclinação do perfil transversal (tais como o eixo no caso da pista ter duas águas, por exemplo) nem ao longo das linhas de água na berma da pista.

2) Valor máximo admissível

⁹⁷ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-10

⁹⁸ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6

⁹⁹ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6

É o máximo valor de irregularidade admissível para uma situação que perdure no tempo. O valor depende do comprimento da zona afetada pela irregularidade.

3) *Valor máximo temporariamente admissível*

Valor máximo temporariamente admissível, é o máximo valor de irregularidade, segundo o comprimento no qual se manifesta, admissível para uma situação temporária. Segundo proposta de autor da presente tese, entendem-se como temporárias situações que não perdurem mais do que três meses.

4.4.4.2 Tabela de níveis

Tabela 12. Níveis de irregularidade

	Extensão do troço irregular [m]								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Máxima irregularidade vertical admitida [cm]	3	3.5	5	5	5.5	6	6.5	8	10
Máxima irregularidade vertical temporária [cm]	3.5	5.5	6.5	7.5	8	9	11	13	15

Fonte: Anexo 14 ICAO, 2009, pág ATT A-7

4.4.4.3 PSR

O *Present Serviceability Rating* (PSR) é um conceito de qualidade do pavimento que foi definido pela *American Association of State Highway Officials* (AASHO). Este conceito expressa o que os utilizadores pensam do pavimento. Os utilizadores percorrem e classificam a qualidade da via, usando uma escala quantitativa, expressa na Figura 50. Este conceito de qualidade do pavimento, na generalidade, reflete muito bem a regularidade na medida em que a regularidade é fortemente determinante para o conforto da circulação, o que os utilizadores avaliam é igual ao Valor de Serviço Atual (VSA) que é recomendável determinar na fase de diagnóstico do pavimento (ver ponto 3.3.1).

Acceptable?		5	Very Good
Yes	<input type="checkbox"/>	4	Good
No	<input type="checkbox"/>	3	Fair
Undecided	<input type="checkbox"/>	2	Poor
		1	Very Poor
		0	
Section Identification _____		Rating _____	
Rater _____	Date _____	Time _____	Vehicle _____

Fonte: www.pavementinteractive.org/article/roughness/, consultada a 30/08/2010

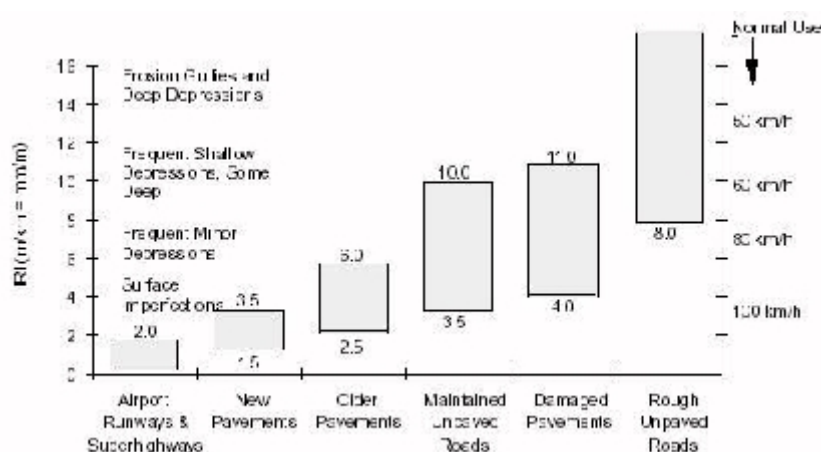
Figura 50 - Boletim de avaliação PSR

4.4.4.4 IRI

O *International Roughness Index* (IRI) foi um conceito de irregularidade definido pelo Banco Mundial nos anos 80. Permite definir as características do perfil longitudinal percorrido por uma roda. O IRI consiste num quociente irregularidade vs. distância percorrida e expressa-se em [m/km] ou em [mm/m]. O equipamento percorre uma determinada distância e depois faz uma média das inclinações medidas que divide pela distância percorrida. Depois, o valor é multiplicado por mil, para que tenha expressão (repare-se que as unidades do denominador da fração são mil vezes inferiores às do numerador).

Para o cálculo do valor do IRI recorre-se a um modelo *quarter-car* que assenta em algumas simplificações. Considera o pneu do veículo como uma mola; o eixo uma massa não suspensa, a suspensão como uma mola e um amortecedor em paralelo e o corpo do veículo como uma massa suspensa.

Após medição, com um perfilómetro laser, do perfil longitudinal, este filtra-se segundo médias móveis de 250m. Aplica-se-lhe o modelo *quarter-car*, o qual simula a resposta da suspensão de um veículo ao longo do deslocamento sobre o pavimento e calcula-se o somatório dos deslocamentos entre a massa suspensa (corpo do veículo) e a massa não suspensa (eixo do veículo). Finalmente, normalizam-se os valores dos deslocamentos por unidade de comprimento do perfil longitudinal, obtendo-se assim os valores de IRI em m/km. A escala do IRI, para aeródromos, apenas admite um valor (Figura 51). Este parâmetro apenas permite a deteção de irregularidades com comprimentos de onda curtos.



Fonte: Sayers et al, 1986
 Figura 51 - Escala de IRI

4.4.4.5 Coeficiente de Nivelamento 40 - CP40

O Coeficiente de Nivelamento 40, ou conforme o original *Coefficient de Planéité 40* (CP40) é um parâmetro de avaliação da irregularidade utilizado na Bélgica, que permite a percepção de irregularidades com comprimentos de onda mais longos. Salienta-se a importância desta análise atendendo à maior relevância das irregularidades com comprimentos de onda mais longos, em pavimentos onde as velocidades de circulação são elevadas, como é o caso dos pavimentos aeronáuticos.

Após medição, com um perfilômetro laser, do perfil longitudinal, este filtra-se segundo médias móveis de 40m para obter a linha de referência (perfil filtrado). Seguidamente calcula-se o somatório das diferenças entre a linha de referência e o perfil original. Por último normaliza-se o somatório para a unidade de comprimento que para o CP40 é $10^4 \text{mm}^2/\text{km}$.

Para pistas novas o Belgian Road Research Center considera aceitável, para o valor de CP40, 160 CP.

4.4.4.6 Correlação entre o PSR e o IRI

De entre várias correlações entre o PSR e o IRI decorrentes de estudos científicos apresentam-se as definidas por Paterson (1986) e por Al-Omari e Darter (1992).

1) *Correlação de Paterson*

$$PSR = 5e^{-0.18(IRI)} \text{ (eq. 21)}$$

2) *Correlação de Al-Omari e darter*

$$PSR = 5e^{-0.26(IRI)} \text{ (eq. 22)}$$

4.4.5 Ensaio de medição da irregularidade

Quanto aos ensaios serão referidas quais as condições de aceitação de realização das medições; será referida a importância da competência e formação dos operadores dos equipamentos de medição; será estabelecida a necessidade de controlo dos equipamentos de medição; serão expostos os procedimentos a adotar durante as medições, nomeadamente com a apresentação dos locais onde deverão incidir as medições do parâmetro e serão discriminados quais os itens a registar em cada medição.

4.4.5.1 Condições das medições

As condições de realização das medições deverão ser as definidas pelo fabricante de cada equipamento em particular.

4.4.5.2 Formação e treino dos operadores

Todos os técnicos de laboratório a quem compete a realização das avaliações da irregularidade deverão ter competência para operação e para a manutenção dos equipamentos, deverão conhecer as normas aplicáveis e fatores críticos deste tipo de ensaios, mas também é importante que tenham a capacidade de antecipar potenciais problemas e socorrer-se de determinadas soluções, para tal serão essenciais os registos desse tipo de situações, as quais posteriormente deverão ser armazenadas numa base de dados. A formação inicial deverá ser ministrada aos técnicos de laboratório pelos representantes dos equipamentos. O treino e a formação de novos técnicos de laboratório poderão ser ministrados por técnicos de laboratório treinados e experientes, durante as campanhas de avaliação. Caso se executem medições adicionais que visem propósitos de treino ou de manutenção de competências dos técnicos, os seus resultados podem ser incluídos nos resultados da campanha caso sejam considerados válidos.

Salienta-se que este é um fator crítico das avaliações da irregularidade na medida em que a possibilidade das campanhas originarem dados fidedignos depende fortemente da prestação dos técnicos de laboratório.

Caso as campanhas de avaliação da irregularidade sejam adjudicadas a entidades externas ao aeroporto/aeródromo a verificação da competência e experiência dos técnicos de laboratório continua a ser do operador, a não ser que essas entidades externas tenham competência própria na matéria. É preferível que as empresas sejam certificadas/ acreditadas no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ).

4.4.5.3 Controlo dos equipamentos

Os equipamentos a utilizar no ensaio e suas condições deverão ser próprios para o efeito e deverão estar devida e comprovadamente calibrados.

4.4.5.4 Procedimentos

Em pistas novas as medições devem cobrir toda a pista. Deverão ser realizadas medições ao longo de perfis longitudinais, ao longo de toda a extensão da pista, no mínimo:

- Ao eixo da pista;
- A 3m do eixo, de cada lado da pista.

No caso da existência de tráfego misto de aeronaves (de fuselagem estreita e larga):

- A 5m do eixo da pista, também de ambos os lados.

Na generalidade, os pilotos reportam quais os locais onde se manifesta a irregularidade. Sempre que houver dúvidas quanto à regularidade, as medições deverão ser realizadas, ao longo dos alinhamentos acima definidos (eixo; 3 e 5m) mas apenas nos locais onde é reportada a irregularidade.

O espaçamento longitudinal de cada medição não deverá ser superior a 3m, ou seja, ao longo de cada alinhamento longitudinal, dever-se à medir o valor da irregularidade a cada 3m.

4.4.5.5 Registos

Tal como em qualquer outro elemento do sistema de gestão de segurança (SMS) do operador do aeroporto/aeródromo, os procedimentos devem assegurar que todos os registos pertinentes,

de todas as avaliações de irregularidade da superfície da pista, são realizados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registrar em cada avaliação são os seguintes:

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
 - Distância à origem da pista;
 - Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Condição da superfície e registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Maior valor de irregularidade e comprimento do troço na qual se manifesta;
- Valor médio da irregularidade por corrida por troços de 60m;
- Preferencialmente registo fotográfico de cada zona avaliada.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção deverão ser registados: o local, a extensão, os métodos empregues e os resultados.

4.4.6 Avaliação de resultados e ações a desenvolver

Serão apresentados os critérios de avaliação dos resultados e serão apresentadas as ações a desenvolver face aos resultados obtidos.

4.4.6.1 Avaliação de resultados

Para a avaliação dos resultados obtidos nas campanhas de avaliação da irregularidade das pistas, recorrer-se-á à comparação dos resultados obtidos com os valores máximos de irregularidade admitidos pela ICAO. Estes valores máximos são os dispostos no ponto 5 do Anexo A do Anexo 14 à Convenção de Chicago, que são os da Tabela 12 deste trabalho.

4.4.6.2 Ações a desenvolver

Se os valores máximos forem excedidos, caso os desvios sejam superiores aos da Tabela 12, deverão ser conduzidas ações corretivas, no mais curto espaço de tempo. Este parâmetro não é considerado crítico para a segurança das operações desde que a sua ocorrência constitua um

fenômeno isolado, no entanto, o operador do aeródromo/aeroporto deverá desenvolver um plano de ações corretivas desta patologia. O qual para além da descrição das ações corretivas, deverá incluir um cronograma.

Caso os desvios sejam superiores aos valores máximos temporariamente admissíveis, os troços em que tal aconteça, devem ser imediatamente reparados, de modo a que a situação não perdure por mais de três meses a partir da deteção da anomalia, sob pena da possibilidade da restrição da operação de aeronaves.

1) Ações corretivas

As ações corretivas decorrentes da presença de irregularidades superiores às admitidas passarão pela realização de obras de reperfilamento da pista nos locais onde essas irregularidades se manifestam, para correção das mesmas. Dado o carácter, normalmente, pontual das irregularidades, as obras não terão necessidade de incidir sobre toda a pista.

2) Novas medições

Após terem sido levadas a efeito e terminadas as medidas preconizadas pelas ações corretivas, dever-se-ão conduzir novas campanhas de medição da irregularidade para aferir o sucesso das mesmas e para garantir a conformidade da superfície da pista relativamente a este critério.

4.5 Contaminação

A presença de contaminantes tais como: água; neve ou gelo; borracha; óleo, combustível e *debris*, entre outros, à superfície dos pavimentos aeronáuticos, especialmente na pista, é uma condicionante muito forte da segurança operacional. Nessas condições os pavimentos carecem de avaliação, limpeza e eventualmente, em situações mais graves, da suspensão das operações.

Pertinente será referir que a proposta de emenda do Anexo 14 de 30/05/2011, que previsivelmente entrará em vigor a 15/11/2012, apresenta algumas diferenças, nomeadamente no que respeita à contaminação, menciona no ponto 2.9.7¹⁰⁰, que as pistas quando contaminadas deverão ser avaliadas e a sua condição reportada, sem no entanto reportar o

¹⁰⁰ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-7

coeficiente de atrito resultante dessa avaliação. Obriga a que os contaminantes, sejam rápida e completamente removidos de forma a minimizar a sua acumulação, ponto 10.3¹⁰¹.

A proposta de Regulamentação da EASA, relativamente à limpeza diz, no ponto AMC.ADR.OPS.B015 – MONITORIZAÇÃO E INSPEÇÃO ÁREA DE MOVIMENTO (pág. 150/176) e GM1.ADR.OPS.B015 – INSPEÇÃO AOS PAVIMENTOS E ÁREAS ENVOLVENTES¹⁰², que o operador deverá estabelecer um programa de monitorização e inspeção proporcional ao tráfego esperado no aeródromo. Inspeções pelo menos 1 vez por dia para códigos 1 e 2 e pelo menos 2 vezes por dia para códigos 3 e 4. Inclui os pontos a incluir na inspeção (1) a (7). As Inspeções aos pavimentos visam principalmente a verificação de:

1. Limpeza e recolha de FOD's, acumulação de borracha
2. Patologias no pavimento
3. Após chuvadas identificar e marcar zonas de acumulação de água
4. Limpeza e visibilidade da sinalização
5. Extremidades/bordos da pista

4.5.1 Água

Segundo a ICAO¹⁰³, em períodos de chuva, a pedido da torre de controlo ou das operações, a pista deverá ser inspecionada para saber se há água depositada. Nesse caso, no mínimo, deverá ser feita uma inspeção do terço central da pista, em toda a sua largura, e enviada a informação à torre de controlo. Na presença de água¹⁰⁴, os reportes sobre a parte central da pista, deverão ser feitos nos seguintes termos:

- Húmida – quando a superfície, por causa da água, apenas manifeste mudança de cor;
- Molhada – quando a superfície está molhada mas não há lâminas de água;
- Com poças de água – quando há zonas nas quais é possível observar a acumulação de água;
- Alagada – quando há grandes extensões de água acumulada.

Em função desta informação, conjuntamente com a informação sobre o coeficiente de atrito, os responsáveis pelas operações do aeroporto deverão decidir a possibilidade, ou não, de utilização da pista. No caso de a pista se manter aberta o piloto deverá adequar o comprimento

¹⁰¹ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-57

¹⁰² EASA, 2011, NPA 2011-20 (BII), pág. 151/176

¹⁰³ ICAO, ASM, Part 8, 1983, pág. 17

¹⁰⁴ ICAO, A14, 2009, pág. 2-7

de pista disponível para as aterragens e para as descolagens e adotar os procedimentos adequados.

Relativamente à descrição do estado da pista, excetuando o caso da neve, a proposta de emenda do Anexo 14 de 30/05/2011¹⁰⁵, diz que o mesmo se deverá definir como: seco; molhado; contaminado. No caso de estar molhado duas situações classificações poderão ser atribuídas: pista molhada, quando a superfície está molhada mas não há poças; ou pista com água quando mais de 25% da área da pista tiver uma lâmina de água com mais de 3mm. Quando a pista está contaminada ela poderá estar contaminada com lama; pó; musgo; cinzas vulcânicas, óleo ou borracha.

4.5.2 Neve e gelo

A presença de neve ou gelo à superfície dos pavimentos aeronáuticos, na pista em especial, é uma condicionante muito determinante das operações. Nessas condições os pavimentos carecem de avaliações do coeficiente de atrito e de reporte em sede de informação aeronáutica conforme definido pela ICAO¹⁰⁶. As avaliações do coeficiente de atrito das pistas quando afetadas por este tipo de contaminante já foi alvo de muitos estudos correntemente denominados *Winter Condition*, porém, como o fenómeno não afeta as infraestruturas aeronáuticas do nosso país, não se desenvolverá o mesmo durante esta investigação.

No caso da neve a nova edição do A14¹⁰⁷ propõe as designações de: neve seca; neve molhada; neve compacta; neve compacta molhada; neve derretida; gelo; gelo molhado; pavimento congelado; neve seca sobre gelo; neve molhada sobre gelo; superfície quimicamente tratada; superfície tratada com areia.

4.5.3 Borracha

Com a utilização, as pistas vão acumulando borracha. A borracha, resulta principalmente, das aterragens das aeronaves, daí que os locais de maior acumulação sejam precisamente as zonas de toque. As acumulações podem manifestar-se mais dum lado do que do outro, ou então, de ambos os lados da pista, dependendo da repartição do tráfego.

¹⁰⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-6

¹⁰⁶ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 4-2 a 4-4

¹⁰⁷ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-8; A-9

A acumulação de borracha para além de comprometer a visibilidade da sinalização diurna, faz com que a superfície, quando molhada, se torne extremamente polida com reduções drásticas do coeficiente de atrito.

Assim, as operações de remoção de borracha das pistas deverão ser conduzidas:

- sempre que não seja possível ver a sinalização diurna;
- sempre que o valor do coeficiente de atrito, após campanha de avaliação, dite a necessidade de manutenção.

Dependendo do tráfego e do tipo de utilização das pistas, as operações de remoção de borracha podem chegar a ter que realizar-se duas vezes por ano.

As campanhas de avaliação do coeficiente de atrito tornam-se necessárias porque mesmo em superfícies aparentemente limpas, com pouca borracha depositada visível, pode dar-se a obstrução dos interstícios do interior do pavimento e o coeficiente de atrito ser reduzido.

Com menor frequência, mas sempre que necessárias, também deverão conduzir-se operações de remoção de borracha nos caminhos de circulação e nas placas de estacionamento (no caso de comprometimento da sinalização diurna, por exemplo).

4.5.3.1 Técnicas de remoção de borracha

Para a remoção da borracha acumulada nos pavimentos poderão ser utilizados processos químicos, mecânicos ou ainda a conjugação dos dois.

Em situações de contaminação ligeira, normalmente, os jatos de água a alta pressão, são suficientes para eliminar a borracha, no entanto, com o aumento da espessura da contaminação a eficiência desta técnica de remoção reduz-se. A resolução do problema poderá então passar pela combinação de medidas químicas com medidas mecânicas, com a aplicação de agentes químicos para dissolver a borracha seguida de jatos de água para a sua eliminação da superfície do pavimento.

1) Processos químicos

A remoção de borracha através de processos químicos consiste na aplicação de solventes. É possível o recurso a esta técnica em ambas as tipologias de pavimento, o tipo de solvente é que deverá ser diferente. Em pavimentos rígidos (em betão de cimento) utilizam-se solventes

cuja base é o ácido cresílico (C_7H_8O) com uma mistura de gasolina e um detergente sintético. Em pavimentos flexíveis (em betão betuminoso) usam-se agentes alcalinos.

A toxicidade e volatilidade deste tipo de produtos exige um cuidado extremo durante a fase de aplicação. Caso os solventes atuem durante mais tempo do que o aconselhável no pavimento, estes podem “atacar” as pinturas e até mesmo a condição superficial do pavimento. Aquando da sua eliminação da superfície, durante a lavagem posterior à aplicação do solvente, deverá garantir-se que a diluição é tal que não permita que os dispositivos de drenagem, a fauna e a flora da envolvente sejam afetados.

2) *Processos mecânicos*

A remoção de borracha através de processos mecânicos faz-se recorrendo a dois métodos: jatos de água a alta pressão e jatos de ar comprimido quente.

Relativamente aos jatos de alta pressão, há vários equipamentos, desde os mais simples constituídos por uma pistola e um reservatório até aos mais complexos motorizados e com sistemas de dotação de água próprios. Estes sistemas são capazes de atingir pressões entre os 350kgf/cm^2 e os 700kgf/cm^2 . A velocidade de deslocação e a pressão da água são determinadas e reguladas em função da espessura da borracha a decapar, assim deverão ser efetuados testes *in situ* para determinar valores para estes dois parâmetros, para que se consigam resultados aceitáveis.

A remoção de borracha por recurso a jatos de ar comprimido quente é feita com uma máquina que injeta uma mistura de ar e gás numa câmara de combustão. A exaustão de gases é emitida a cerca de 400m/s a temperaturas da ordem dos 1200°C diretamente na superfície do pavimento. Os gases amolecem e vulcanizam as partículas de borracha.

A aplicação deste processo em pavimentos de betão de cimento produz pequenas quantidades de depósitos carbónicos que podem ser removidos dos pavimentos com vassouras manuais ou mecânicas, das quais todos os aeródromos devem dispor para as operações de limpeza da pista.

A utilização de gases a altas temperaturas para queimar a borracha, muito embora possa ser usada em ambas as tipologias de pavimento, rígidos e flexíveis, exige maiores cuidados nos

pavimentos flexíveis, esta técnica, podendo produzir um ligeiro efeito de rejuvenescimento dos pavimentos em betão betuminoso também o pode “atacar”, provocando uma desagregação do mesmo, a qual para além de ser prejudicial para a condição superficial do pavimento ainda potencia o aparecimento de *debris*.

4.5.3.2 Registos

Tal como em qualquer outro elemento do sistema de gestão de segurança (SMS) do operador do aeroporto/aeródromo, os procedimentos devem assegurar que todos os registos pertinentes, de todas campanhas de remoção de borracha da superfície da pista, são realizados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

- Data e hora da campanha de remoção de borracha, incluindo o nome do operador do equipamento utilizado;
- Condição da superfície e temperatura do ar;
- Designação da pista;
- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Extensão da zona contaminada;
- Valor do coeficiente de atrito que ditou a necessidade da campanha de remoção de borracha;
- Velocidade do equipamento de remoção de borracha (em processos mecânicos);
- Pressão do equipamento de remoção de borracha (em processos mecânicos);
- Designação do solvente utilizado (em processos químicos);
- Valores medidos após a remoção da borracha (coeficiente de atrito; Técnica Volumétrica da Mancha);
- Fotografias (antes e depois) da realização da campanha de cada zona.

4.5.4 Óleo, combustível e outros contaminantes

Substâncias tais como óleos, combustíveis, fungos, pólenes, entre outros contaminantes, para além de poderem “atacar” mais ou menos agressivamente o pavimento, podem fazer com que este se torne escorregadio, mesmo sem a ocorrência de pluviosidade, que é um fenómeno a evitar vivamente, pelo que se impõe a necessidade de remoção do contaminante.

Esta contaminação poderá ser removida recorrendo a absorventes tais como tecidos; serradura, areia, entre outros. Depois o pavimento deverá ser esfregado e lavado com detergente. Em pavimentos de betão de cimento deverão ser usados detergentes compostos por meta silicatos de sódio e sabões de resina aplicados com água e bem esfregados com uma vassoura potente. Em pavimentos de betão betuminoso deverá aplicar-se o absorvente (serradura ou areia por exemplo) misturado com um desengordurante alcalino em pó, no caso do contaminante haver deteriorado o pavimento para além da limpeza. As áreas afetadas deverão ser convenientemente tratadas.

Após longos períodos de seca com a acumulação de partículas, pós, restos de combustível entre outros contaminantes, aquando das primeiras chuvas, as pistas também podem tornar-se bastante escorregadias¹⁰⁸. Para que tal seja evitado, no mínimo, no fim do verão, antes do início da época das chuvas deverá proceder-se a uma lavagem da pista seguida de uma avaliação de atrito.

Em pistas próximas de locais arenosos, de locais quentes e húmidos que propiciem o aparecimento de fungos¹⁰⁹ ou de locais densamente arborizados que propiciem o aparecimento de pólenes, as pistas também podem tornar-se escorregadias. Nesses locais deverão ser conduzidas campanhas de avaliação do coeficiente de atrito com maior frequência, e tomadas as medidas necessárias para a correção do problema.

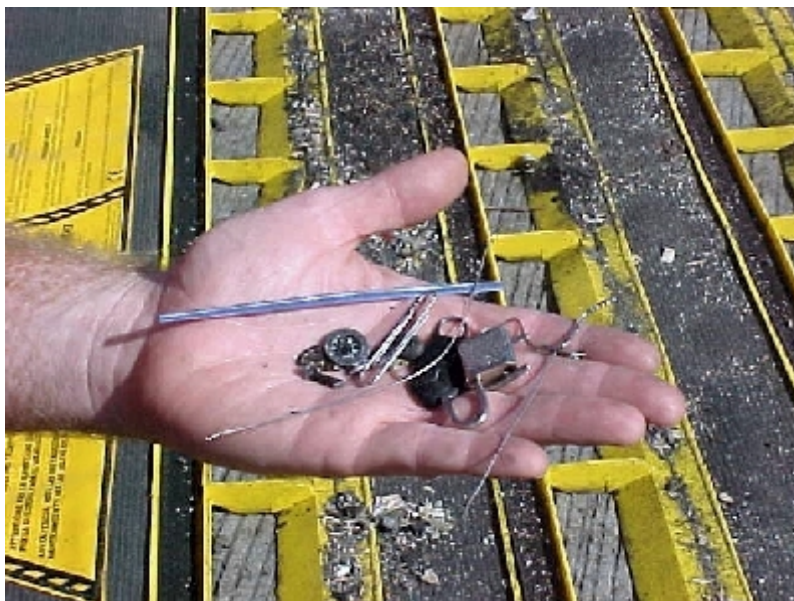
4.5.5 Debris

4.5.5.1 Definição

Os *debris* são elementos presentes à superfície dos pavimentos aeronáuticos com capacidade para produzir estragos nas aeronaves. Muitas coisas podem transformar-se em *debris*: pedras; fragmentos do pavimento; ferramentas; chaves e outros pertences pessoais; paus; peças de maiores dimensões; componentes da aeronave. Podem observar-se exemplos de *debris* na Figura 52.

¹⁰⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-2

¹⁰⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-3



Fonte: www.fodboss.ch/en/wasistfod.html, consultada a 04/09/2010

Figura 52 – Exemplos de Debris

Os *debris* são um perigo em potencial para as aeronaves que afetam a segurança operacional. Já causaram problemas tais como: descolagens abortadas; aterragens em emergência e até mesmo a explosão de aeronaves após a ingestão de debris, com perda de vidas humanas.



Fonte: www.voanews.com/content/french-court-overturns-continental-airlines-conviction-in-concorde-crash/1555691.html, consultada a 04/09/2010

Figura 53 – Acidente do Concorde

A 25 de julho de 2000, um *Concorde* da *Air France*, durante a corrida à decolagem no Aeroporto de *Charles de Gaulle* em Paris – França, quando foi atingido por uma tira de metal proveniente de um dos motores de um DC-10 da *Continental Airlines* que havia descolado minutos antes. A peça atingiu um pneu, que circulava a uma velocidade da ordem dos

300km/h. O pneu rasgou-se completamente e a peça projetou-se contra a aeronave, provocando uma rotura num dos tanques de combustível. Este incendiou-se e levou à desintegração da asa direita. O *Concorde* que já havia descolado com peso a mais, na impossibilidade de recolher o trem de aterragem e com falha de motores, *pranchou* (virou) a aeronave mais de 100 graus e foi embater num hotel. Deste acidente resultaram 113 vítimas mortais e resultou no princípio do fim do *Concorde*.

Complementarmente aos aspetos de *safety*, há ainda o aspeto dos custos associados às despesas de manutenção das aeronaves que são danificadas pelos *debris*, com a agravante das repercussões nos prazos, que também majoram os custos e oneram a operação.

As aeronaves de turbina e as de asa alta são particularmente sensíveis pois são mais propensas a aspirar *debris*, contudo, as outras aeronaves também sofrem com este problema porque toda e qualquer aeronave é sensível, quando atingida por partículas que atacam o seu revestimento.

De acordo com o disposto no ponto 10.2.1 do Anexo 14 à Convenção de Chicago¹¹⁰, toda a superfície da área de movimento deverá ser inspecionada e a sua condição avaliada e contemplada no plano de manutenção do aeródromo com o propósito de evitar e eliminar a presença de *debris* que possam causar danos nas aeronaves ou suas componentes.

A inspeção relativamente a este aspeto (*debris*) deverá fazer parte do plano de inspeções do aeródromo.

4.5.5.2 Causas

Os *debris*, que podem aparecer em qualquer parte da área de movimento, podem agrupar-se segundo a sua origem: a infraestrutura; as atividades operacionais; as pessoas e os agentes atmosféricos:

1) Infraestrutura

A degradação das infraestruturas ao longo do tempo, devido a múltiplos fatores leva à desagregação dos pavimentos aeronáuticos e assim ao aparecimento de partículas, de maiores ou menores dimensões que constituem *debris*. Durante as fases de construção ou de obras de

¹¹⁰ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1

manutenção dos pavimentos e da própria faixa também podem aparecer na área de movimento fragmentos, lixos e outros que constituem *debris*.

2) Atividades operacionais

O normal desenvolvimento de atividades operacionais na área de movimento, desde a operação das aeronaves (que produzem *jet blast*), do efeito de sopro que a passagem das aeronaves induz na envolvente, aos serviços a prestar à aeronaves (manutenção, abastecimento, *handling*...), poderão provocar o aparecimento de lixos, fragmentos e objetos que constituem *debris*.

3) As pessoas

A circulação de pessoas na área de movimento, especialmente nas placas de estacionamento, pode levar a que deixem lixo, equipamentos, ferramentas ou outros que constituem *debris*.

4) Agentes atmosféricos

Os agentes atmosféricos e a degradação que estes induzem às infraestruturas, bem como os fragmentos que podem trazer constituem um dos motivos do aparecimento de *debris*.

4.5.5.3 Prevenção

A atuação no lado da prevenção, como qualquer ação pró-ativa, traz muitos benefícios. Como formas de prevenção poder-se-á incidir nas vertentes da formação e do treino do pessoal, na condução de inspeções de acordo com o planeamento e conforme definido no Manual de Aeródromo, na condução de atividades de manutenção e na fomentação da comunicação entre todos os que acedem à área de movimento e na coordenação das atividades que aí se desenvolvem.



Fonte: adaptada de <http://arquivoaeronautico.blogspot.pt/>, consultada a 04/09/2010

Figura 54 – Sensibilização sobre o problema dos *debris*

1) Formação e Treino

Todos aqueles que acedem à área de movimento, sejam eles pessoal do operador do aeródromo, sejam das companhias aéreas, tripulações, das companhias de manutenção, das companhias de *handling*, dos serviços de limpeza, trabalhadores das obras, sejam eles trabalhadores dessas empresas ou contratados, todos deverão ter formação inicial e ações de formação recorrentes para serem capazes de identificar a presença de *debris*. Para perceberem quais são os impactos que esses *debris* podem causar; saberem como se pode evitar o seu aparecimento; como deverão eliminar os *debris*; que deverão sempre reportar e que os *debris* são da responsabilidade de todos.

2) Inspeções (tripulações e pessoal de terra)

Deverão ser conduzidas, pelo pessoal do operador do aeródromo, à área de manobra, com regularidade e minúcia tendo em especial atenção a potencial presença de *debris*, conforme definido no plano de inspeções do Manual do Aeródromo. Tendo em vista a responsabilização o nome de quem a faz deverá constar do registo de inspeção. Aquando da entrada do pessoal na área de manobra as pessoas deverão ser revistas e alertadas para a problemática dos *debris*.

3) *Manutenção*

Para manter a superfície da pista limpa deverão ser programadas limpezas regulares com vassouras e ou jatos de água. O aeródromo ou aeroporto também deverá ter capacidade de resposta imediata no caso de se detetar a necessidade de limpeza de áreas mais ou menos extensas. Uma gestão de manutenção do pavimento é fundamental. Superfícies em bom estado de conservação não libertam *debris*. No planeamento das operações de limpeza deverão estar previstas limpezas após a ocorrência de determinados fenómenos atmosféricos. É desejável que a montante das entradas nos pavimentos aeronáuticos, os veículos passem por dispositivos do tipo “treme-treme” ou “lava-pneus” para expulsar potenciais *debris* que transportem consigo.

4) *Coordenação/Comunicação*

Obras na área de movimento para além de devidamente programadas deverão ser divulgadas, com antecedência, a toda a comunidade aeronáutica. O planeamento das obras deverá incluir procedimentos para o controlo e minimização de produção de *debris*. Os esforços que todos fazem na prevenção, no controlo e na eliminação de *debris*, deverão ser divulgados. Para que aqueles que mais contribuem para a minimização do problema se sintam recompensados e fazer com que todos tenham motivação para continuar com a convicção da necessidade de manter este compromisso.

4.5.5.4 *Equipamentos para remoção de debris*

Para além da remoção manual de *debris* da superfície da área de manobra o operador do aeródromo poderá dispor de dispositivos próprios para o efeito. Estes dispositivos funcionam, normalmente, em conjunto com meios mecânicos tais como vassouras, aparelhos de ar comprimido ou jatos de água.

Há dispositivos de captação magnética de *debris* e vassouras mecânicas cuja intensidade poderá ser adaptada consoante o tipo de *debris* presente. Um problema associado à utilização destes equipamentos é a sua morosidade, é que a eficiência dos mesmos decresce com o aumento da velocidade a que percorrem os pavimentos.

4.5.5.5 *Testes aos equipamentos*

As vassouras deverão ser regularmente testadas. De acordo com o procedimento previsto no *Airport Service Manual Part 2*, ponto 10.3, que seguidamente se descreve:

- Escolhe-se uma superfície plana e marca-se um retângulo de 6mx2m;

- Mistura-se, a seco e em iguais proporções cascalho, areia grossa e areia para obter 0,45kg:
 - Cascalho: 100% passados no #9.5mm;98% retidos no #2.36mm;
 - Areia grossa: 100% passados no #2.36mm;100% retidos no #0.6mm;
 - Areia média: 100% passados no #0.6mm;100% retidos no #0.3mm.
- Escolhem-se oito pedras, de formato esférico com 50mm de diâmetro e ainda um prego de 6cm; um rolamento de esferas de 12mm de diâmetro, uma peça de alumínio de 50mm quadrados e 1,2mm de espessura e uma porca de 12mm;
- Espalha-se a mistura das areias na área marcada, ao longo de uma das diagonais dessa área dispõem-se as oito pedras igualmente espaçadas e ao longo da outra diagonal dispõem-se os objetos restantes também igualmente espaçados;
- A vassoura deverá ser posta a trabalhar normalmente e deverá passar por cima dessa área a 16km/h e deverá recolher 98% das areias e 100 das pedras e dos objetos soltos.

Se a vassoura não passar o teste, a mesma deverá ser reparada. Para garantir a operacionalidade das vassouras recomenda-se que a realização deste tipo de teste seja semanal.

4.5.5.6 Registos

Tal como em qualquer outro elemento do sistema de gestão de segurança (SMS) do operador do aeroporto/aeródromo, os procedimentos devem assegurar que todos os registos pertinentes relativamente aos *debris* encontrados e recolhidos, são realizados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada situação são os seguintes:

- Data e hora da remoção do *debris*, nome da empresa para quem trabalha a pessoa que encontrou o *debris*, no caso dos operadores do aeródromo também deverá constar o nome do funcionário que recolheu o *debris*;
- Identificação do tipo e tamanho do *debris*;
- Local onde foi encontrado;
- Ações desenvolvidas;
- Fotografia (caso se justifique).

5 PROPOSTA DO MÉTODO E APLICAÇÃO AOS ESTUDOS DE CASO

5.1 Introdução

Neste capítulo faz-se a descrição do método de investigação utilizado. O mesmo começa por referir quais os principais critérios de escolha do método, quais as variáveis em estudo e quais as hipóteses admitidas. Depois refere qual a população, os critérios de inclusão e a amostra, isto é, os estudos de caso e como é que se faz a análise dos dados recolhidos nos estudos de caso e quais os métodos estatísticos utilizados. Posteriormente resume os procedimentos utilizados nos estudos de caso, durante a recolha de dados, durante as inspeções visuais, durante a caracterização do atrito, durante a caracterização da textura, durante a caracterização da irregularidade e durante a avaliação da contaminação. Finalmente refere como é que se fez a aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso selecionados.

5.2 Método

O tipo de estudo foi determinado pelos seguintes critérios de ordem metodológica: exequível; económico; sujeitos disponíveis; facilidade de acesso aos participantes; tempo e recursos necessários à sua operacionalização¹¹¹.

A seleção das questões de investigação e a metodologia foram determinados em função da disponibilidade de sujeitos e razões económicas: de tempo e de meios.¹¹²

Houve ainda a preocupação de selecionar questões de investigação que para além de darem cumprimento ao objetivo a que se propunham pudessem ser respondidas através do estabelecimento de hipóteses de trabalho, i.e., afirmações que pudessem ser testadas¹¹³, verificadas, plausíveis e teoricamente consistentes¹¹⁴ e assim fosse desenvolvido um estudo hipotético-dedutivo.

Para efeitos deste estudo, hipótese é uma afirmação que enuncia a relação entre fatores ou variáveis¹¹⁵ e que constitui uma explicação/predição dos resultados esperados, baseando-se na teoria¹¹⁶. É uma proposição de resposta provisória à pergunta de investigação.

¹¹¹ DeAngelis, 1990, pág. 15

¹¹² Ibidem

¹¹³ Ibidem

¹¹⁴ Fortin, 2000, pág. 103

¹¹⁵ DeAngelis, 1990, pág. 17

5.3 Variáveis do estudo

O estudo é correlacional porque assenta na observação dos efeitos ou relações dos acontecimentos com as variáveis, na população em análise e porque permite verificar a natureza (força e direção) das relações que existem entre as variáveis. Neste estudo as variáveis foram escolhidas em função do quadro teórico que fornece uma determinada perspetiva, e das experiências fornecidas ao investigador através do seu contexto de trabalho. O estudo comporta hipóteses quanto à natureza das relações previstas entre as variáveis¹¹⁷.

Assim, as variáveis do estudo tiveram a sua origem na bibliografia disponível e na experiência da autora deste trabalho, que no exercício profissional de inspetora do INAC, se confronta diariamente com a tomada de decisões neste domínio, o que a levou a decidir a problemática em torno das medidas de avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos.

O uso de medidas standardizadas para avaliar a segurança funcional das pistas aeronáuticas é importante para permitir estabelecer comparações entre sistemas de publicação e consequentemente maximizar a segurança operacional: *Safety*.

O estudo desenvolvido procura dar resposta aos objetivos propostos e simultaneamente fornecer consistência teórica ao quadro prático em que, neste domínio, a engenharia de aeródromos se move.

Neste estudo foram avaliadas duas metodologias de classificação do coeficiente de atrito: (1) classificação em função do cálculo do valor médio por terço e (2) classificação em função do cálculo dos valores mínimos das médias móveis por terço. Os cálculos foram realizados recorrendo aos dados do atrito obtidos com os equipamentos de avaliação do atrito em contínuo, que fornecem valores de 10 em 10 metros ao longo de cada alinhamento avaliado. No primeiro caso calcula-se o valor da média de todos os alinhamentos avaliados, no segundo calcula-se o mínimo das médias móveis registadas nos alinhamentos centrais com exceção do eixo. A classificação é atribuída, para cada um dos valores calculados, de acordo com o intervalo em que cada um deles se insere. Os intervalos de classificação foram estabelecidos em função dos valores de projeto, manutenção e mínimo, propostos pela ICAO. Ambos os métodos são aplicados a cada terço da pista.

¹¹⁶ Fortin, 2000, pág. 102

¹¹⁷ Fortin, 2000, pág. 176

5.4 Hipóteses

De forma específica, o primeiro objetivo deste estudo foi comparar os dois métodos de classificação do coeficiente de atrito, com o propósito de identificar o mais conservativo. O segundo objetivo foi procurar identificar a interação entre a contaminação da pista e os valores de atrito calculados a duas velocidades diferentes: 65 e 95km/h, com o propósito de identificar qual a influência da contaminação no atrito.

Para dar resposta ao primeiro objetivo, definiram-se as seguintes hipóteses:

H1 - As classificações do coeficiente de atrito obtidas a partir dos valores calculados pelos dois métodos: cálculo em função do valor médio por terço e cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço, são diferentes.

H2 – A classificação do atrito com base no método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço é mais conservativa que a classificação do atrito com base no método de cálculo em função do valor médio por terço.

H3 - O método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço permite a identificação de troços de 100m ou mais cujo valor de atrito é inferior ao valor mínimo admissível.

Para dar resposta ao segundo objetivo definiram-se as seguintes hipóteses:

H4 - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 65km/hora.

H5 - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 95km/hora.

Neste estudo a variável de resultado, ou *outcome* é a *safety*, ou seja, pretende-se saber como a influência de um conjunto de variáveis vai interferir nas condições de atrito durante as manobras das aeronaves na pista e consequentemente influenciar a sua segurança.

Relativamente ao primeiro objetivo:

A variável dependente, que se pretende medir é o intervalo de classificação do atrito.

As variáveis independentes, i.e., factos mensuráveis são as médias por terço e os mínimos das médias móveis por terço.

A classificação (intervalo de atrito) depende dos valores medidos.

Relativamente ao segundo objetivo:

A variável dependente, que se pretende medir é o valor do atrito após a limpeza.

A variável independente, i.e., facto mensurável é o valor do atrito antes da limpeza.

5.5 População alvo

A população alvo é o grupo para o qual o investigador deseja generalizar os resultados¹¹⁸, os aeroportos portugueses. A população é constituída por todas as pistas portuguesas dos aeroportos, das bases aéreas e dos aeródromos que fazem com regularidade avaliação do atrito. Totalizam 16 pistas distribuídas da seguinte forma: 8 pistas situadas em 7 aeroportos; 6 pistas situadas em 5 bases aéreas e 2 pistas situadas em 2 aeródromos que, por estarem sob a gestão da ANA,SA, avaliam regularmente o atrito.

5.6 Critérios de inclusão

Ser uma pista portuguesa; ser um aeródromo português que faça com regularidade avaliação do atrito; ser uma pista cuja operação esteja subordinada à supervisão das Autoridades são o INAC e a Força Aérea Portuguesa.

5.7 Amostra

O tamanho da amostra deve ser suficiente para atingir um nível de potencia aceitável tendo em vista reduzir o risco de cometer erros de rejeição ou não rejeição das hipóteses no decurso do processo de verificação¹¹⁹.

Os objetivos do estudo determinam o tamanho da amostra. Nos estudos quantitativos cujo objetivo é a descoberta de novos conhecimentos num domínio específico, pequenas amostras são geralmente suficientes para obter a informação sobre o fenómeno estudado. Se o objetivo for examinar associações entre variáveis, como no caso dos estudos correlacionais, é necessária uma amostra maior, no entanto, quando a população é mais homogénea relativamente às variáveis em estudo, uma amostra reduzida é suficiente¹²⁰.

Os sujeitos deste estudo, estudos de caso ou unidades de análise foram 16 pistas: 8 pistas situadas em 7 aeroportos; 6 pistas situadas em 5 bases aéreas e 2 pistas situadas em 2

¹¹⁸ Fortin, 2000, pág. 211

¹¹⁹ Fortin, 2000, pág. 211

¹²⁰ Fortin, 2000, pág. 211

aeródromos. Foram incluídos no estudo todos os aeroportos situados em Portugal, exceto o das Lajes, em virtude de a sua manutenção estar a cargo da Força Aérea Americana, e por isso não preencher os critérios de inclusão deste estudo. Também foram incluídos todos os aeródromos portugueses que fazem com regularidade avaliação do atrito. Assim, por a população alvo ser coincidente com a população acessível e em virtude do reduzido número de unidades de análise, optou-se por fazer coincidir a amostra com a população¹²¹.

Tabela 13. Características da amostra

Características da amostra							
N.º	Pista	Aeroporto/ Base	Compri mento [m]	Tráfego Anual	Repartição Tráfego [%]	Aterragens Dia	Dias ano chuva > 1mm [dias]
1	10/28	Faro	2.490	45.000	30/70	43	53
2	18/36	Flores	1.400	1.500	70/30	2	158
3	10/28	Horta	1.647	4.700	45/55	4	120-150 (a)
4	03/21	Lisboa	3.805	142.000	75/25	146	77
5	17/35	Lisboa	2.304	1.000	05/95	1	77
6	05/23	Madeira	2.781	25.000	70/30	25	58
7	12/30	AJP II	2.517	13.000	25/75	13	122
8	17/35	Porto	3.480	60.000	30/70	58	110
9	13/36	Porto Santo	3.000	5.000	30/70	5	55 (b)
10	18/36	Santa Maria	3.048	3.500	80/20	4	120 (c)
11	01L/19R	Beja	3.450	8.500	40/60	7	67
12	01/19	Monte Real	2.440	11.000	70/30	11	93
13	01/19	Montijo	2.187	6.000	90/10	7	67
14	08/26	Montijo	2.440	5.000	05/95	7	67
15	18/36	Ovar	2.440	3.500	20/80	4	99
16	14/32	Sintra	1.800	11.000	30/70	11	87

(a) Valor estimado, o Faial pertence ao Grupo Central, estima-se um valor entre os valores do Grupo Oriental e do Grupo Ocidental

(b) Valor estimado, considera-se ligeiramente inferior ao da Madeira

(c) Valor estimado, Santa Maria é do Grupo Oriental considera-se ligeiramente inferior ao de São Miguel

¹²¹ Quivy, R. e Campenhoudt, L.V. 2005, pág. 162

5.8 Análise dos dados e métodos estatísticos

Em virtude do reduzido tamanho da população e consequentemente da amostra e do tipo de hipóteses a validar foi necessário recorrer a um espectro alargado de testes. Na presença de amostras pequenas os testes mais adequados são os não paramétricos¹²², quer pelo tamanho da amostra em si, quer pelo facto de, neste tipo de amostras, ser ainda mais difícil cumprir todos os pressupostos associados aos testes paramétricos que são: distribuição normal dos dados; recolha aleatória de dados; aproximadamente a mesma variação dos resultados de cada amostra e dados com níveis de escala de intervalo/razão (métrica). Para dados com níveis de escala nominais ou ordinais, os testes paramétricos não podem ser utilizados¹²³. Apesar do cumprimento de todos esses pressupostos condicionar a utilização dos testes paramétricos, por serem muito mais poderosos e pela sua maior sensibilidade para possíveis diferenças, sempre que possível, os investigadores recorrem aos testes paramétricos¹²⁴. O presente estudo não foi uma exceção. Assim, apesar do tamanho da amostra apontar para a realização de testes não paramétricos, sempre que possível, cumpridos os pressupostos anteriormente enunciados, foram utilizados testes paramétricos.

Resumindo: foram utilizados testes paramétricos para testar a Hipótese 1 e para testar as Hipóteses 4 e 5; foram utilizados testes não paramétricos para testar as Hipótese 2, 4 e 5; foi utilizada a estatística descritiva para validar a Hipótese 3.

Os graus de significância adotados no presente estudo de investigação, foram estratificados conforme apresentado na Tabela 14. Os testes foram validados, para cada teste utilizado, caso se concluísse, através do cálculo da probabilidade de ocorrência das frequências observadas (p - Value), que os resultados, no mínimo, fossem estatisticamente significativos, i.e., $p < 0,05$.

¹²² Cação, R., 2010, slide 12

¹²³ Hicks, C., 2006, pág. 104

¹²⁴ Hicks, C., 2006, pág. 102

Tabela 14. Graus de significância

P Value	Descrição	Notação
> 0,05	Não significativo	ns
0,01 a 0,05	Significativo	*
0,001 a 0,01	Muito significativo	**
< 0,001	Extremamente significativo	***

Fonte: Adaptada de Cação, R., 2010, slide 7, em <http://www.slideshare.net/rosariocacao/testes-parametricos-e-nao-parametricos3396639>, consultada a 20/07/2012

Para decidir quais os testes a utilizar, neste estudo correlacional/experimental, atendendo a cada uma das hipóteses em apreço e ao tamanho da amostra para a qual se pretendia validar a hipótese, recorreu-se ao fluxograma da Figura 55.



Fonte: Adaptada de Hicks, C.M., 2006, pág. 102/103

Figura 55 – Fluxograma para escolha de testes estatísticos

Complementarmente e face aos tipos de Hipótese e níveis de escala dos dados, foi ainda necessário recorrer a outro tipo de testes conforme o quadro da Figura 56.

Objectivo	Tipo de dados			
	Medida (de populações normais)	Ordem, resultado ou medida (de populações não normais)	Binomial (dois resultados possíveis)	Tempo de sobrevivência
Descrever um grupo	Média e H3 desvio padrão	Mediana e amplitude inter-quartil	Teste de proporção	Curva de sobrevivência de Kaplan Meier
Comparar um grupo a um valor hipotético	Teste para uma só amostra (<i>one-sample t test</i>)	Teste de Wilcoxon	Teste do chi-quadrado ou teste binomial	
Comparar dois grupos independentes	Teste para duas amostras independentes (<i>Unpaired t test</i>)	Teste de Mann-Whitney	H2 Teste de Fisher ou o chi-quadrado de amostra grande	Teste de Log-rank ou Mantel-Haenszel
Comparar dois grupos emparelhados	Teste para amostras emparelhadas (<i>Paired t test</i>) H1	Teste de Wilcoxon	Teste de McNemar	Conditional proportional hazards regression
Comparar dois ou mais grupos independentes	One-way ANOVA	Teste de Kruskal-Wallis	Teste do chi-quadrado	Regressão de Cox (<i>Cox proportional hazard</i>)
Comparar dois ou mais grupos emparelhados	Repeated-measures ANOVA	Teste de Friedman	Cochran Q**	Regressão condicional proporcional (<i>conditional proportional hazards regression</i>)
Quantificar a associação entre duas variáveis	H4; H5 Correlação de Pearson	H4; H5 Correlação de Spearman	Coeficientes de contingência **	
Prever valores a partir de outra variável medida	Regressão linear simples ou regressão não linear H4; H5; H4+H5	Regressão não paramétrica	Regressão logística simples	Regressão de Cox (<i>Cox proportional hazard</i>)
Prever valores a partir de várias variáveis binomiais ou medidas	Regressão linear múltipla		Regressão logística múltipla	Regressão de Cox (<i>Cox proportional hazard</i>)

Fonte: Adaptado de Cação, R., 2010, slide 14, em <http://www.slideshare.net/rosariocacao/testes-parametricos-e-nao-parametricos3396639>, consultada a 20/07/2012

Figura 56 – Tabela para escolha de testes estatísticos

Tipos de testes utilizados, breve resumo

- Teste t, teste paramétrico para amostras emparelhadas. Neste tipo de teste compara-se o valor da diferença entre os pares de observações e testa-se se a média das diferenças pode ser igual a zero, para comparação de dois grupos independentes;
- Gráfico de BoxPlots, que representa: o mínimo; o máximo; o terceiro quartil; o quarto quartil e a mediana, para de uma forma elucidativa mostrar a dispersão de resultados;
- Teste de Fisher, destinado a dados com níveis de escala nominais, apresentados em tabelas de contingência (2x2) para comparação de dois grupos independentes. Teste indicado quando o tamanho das 2 amostras independentes é pequeno e que consiste em determinar a probabilidade exata de ocorrência de uma frequência observada (fornece o valor exato do p-value) ou de valores mais expressivos, desde que as amostras sejam aleatórias e independentes, as duas classes mutuamente exclusivas e com, pelo menos, nível de escala nominal. Muito utilizado como alternativa ao Teste do Qui-quadrado (χ^2), quando $N < 20$, que é o caso;

- Estatística descritiva, destinada a descrever um grupo, cálculo de uma das medidas de tendência central, a média;
- Teste de Spearman, teste não paramétrico destinado a estimar a correlação entre conjuntos de dados, para quantificar a associação entre duas variáveis;
- Teste de Pearson, teste não paramétrico destinado a estimar a correlação entre conjuntos de dados, para quantificar a associação entre duas variáveis;
- Regressões lineares, com o traçado de retas de regressão e representação gráfica, para estimar a correlação entre conjuntos de dados, que permite que posteriormente se possa prever o comportamento da variável dependente (no caso em que o teste foi utilizado: os valores do atrito após a limpeza) a partir da variável independente (no caso em que o teste foi utilizado: os valores do atrito antes da limpeza, ou que permite prever valores a partir de uma variável medida ou conhecida.

Para a análise dos dados e para o teste das hipóteses foram usados três programas distintos: Excel; SPSS e R-statistic. As folhas de cálculo em Microsoft Office Excel 2007, destinaram-se à construção de tabelas de dados, ao cálculo dos valores das médias por terço, dos valores das médias móveis por terço e ao traçado dos diagramas de médias móveis das pistas também destinadas a validar a Hipótese 3.

O SPSS, versão 15, onde para o teste das Hipótese 1, 2, 4 e 5, se utilizaram:

- Testes t e se traçou um gráfico de BoxPlots (H1);
- Testes de Fisher contingência (H2);
- Testes de Spearman (H4; H5);

O R-statistic¹²⁵, onde para o teste das Hipótese 4 e 5, se utilizaram:

- Testes de Spearman (H4; H5; H4+H5);
- Testes de Pearson (H4; H5);
- Regressões lineares (H4; H5; H4+H5);

5.9 Procedimentos

5.9.1 Recolha de dados

Relativamente ao estudo piloto sobre as pistas da Força Aérea operadas pelos F-16, foram contactados os comandantes das esquadras 201 e 301, a quem foram explicadas as finalidades

¹²⁵<http://www.R-project.org>, consultada a 19/07/2012

e objetivos do estudo e solicitada colaboração e autorização para a distribuição de um questionário de opinião aos tripulantes dessas aeronaves. Esse questionário consta do Anexo A. Após obtenção do consentimento entregou-se o questionário aos participantes que se disponibilizaram a participar. Foi-lhes garantido o anonimato e informado que o mesmo apenas deveria ser respondido caso concordassem em colaborar no estudo.

Grande parte dos dados das normais atmosféricas, foram recolhidos no portal do Instituto de Meteorologia (IM) – www.meteo.pt; e cedidos pelo Centro de Informação Meteorológica da Força Aérea (CIMFA), e os outros nos seguintes endereços de internet: www.climaat.angra.uac.pt; www.meteopt.com, www.whetheronline.co.uk; www.igeo.pt.

Os dados de tráfego referentes aos aeroportos e aeródromos foram gentilmente cedidos pela ANA e pela ANAM e os referentes às bases aéreas pelo COFA – CGTA (Centro de Gestão de Tráfego Aéreo do Comando Operacional da Força Aérea).

Relativamente à avaliação das características funcionais das pistas, apesar de a inspeção das mesmas fazer parte integrante das atividades profissionais da autora deste trabalho, e por conseguinte ter acesso aos relatórios das avaliações dos pavimentos, foi pedido consentimento formal por escrito (Anexo B) aos operadores dos aeroportos nacionais: ANA, SA, ANAM, que deram a sua autorização e disponibilizaram todos os dados solicitados.

Os ensaios referentes às características funcionais das pistas da ANA foram desenvolvidos no âmbito do planeamento desse tipo de atividades que a ANA elabora para cada um dos seus aeroportos, para cada ano, e realiza internamente e outros realizados por um consórcio externo, no âmbito do programa que visa dar cumprimento à materialização do Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários que é um projeto que a empresa tem em curso desde 2010.

Os ensaios referentes às características funcionais das pistas da ANAM foram os mais recentes que a empresa adjudicou a entidades externas.

Os ensaios referentes às características funcionais das pistas da Força Aérea foram realizados pelo então designado Grupo de Engenharia de Aeródromos da Força Aérea (GEAFA), hoje Repartição de Engenharia de Aeródromos (REA).

5.9.2 Inspeções visuais

As inspeções visuais dos aeroportos da ANA que estão abrangidos pelo Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários (SGPA), que são: Porto; Lisboa; Faro; Ponta Delgada; Flores; Horta e Santa Maria, assim como os ensaios de textura e de irregularidade, foram desenvolvidas pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, e das mesmas resultaram relatórios apresentados à ANA em 26/04/2012.

Estas inspeções visuais foram desenvolvidas de acordo com a norma 126 para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada

E nos cruzamentos em:

- Bermas
- Faixa com 45m de largura

Visando a comparação dos diferentes tipos de inspeção dos pavimentos das pistas previstos no presente estudo foram ainda realizados o levantamento visual contínuo, o cálculo do VSA/PSR, a inspeção a pé e o cálculo de PCI no Aeroporto da Madeira, de acordo com a metodologia proposta neste trabalho, pela autora do mesmo.

5.9.3 Caracterização do atrito

A análise dos dados das avaliações do coeficiente de atrito foi feita sobre os resultados das últimas campanhas realizadas quer pela ANA, quer pelo GEAFA, e ainda uma campanha realizada pelo LNEC. As avaliações do atrito em contínuo foram realizadas com equipamentos diferentes. A ANA tem um ASFT, o GEAFA e o LNEC têm um *Griptester*, todos eles recorrem a técnicos com formação para a operação do equipamento. Os

¹²⁶ ASTM, D 5340-11, 2011

equipamentos são calibrados e realizadas corridas de teste antes de cada campanha de ensaio. Os valores que definem os patamares de classificação de atrito também diferem, consoante o equipamento, conforme o apresentado na Tabela 15.

Tabela 15. Patamares de atrito dos diferentes equipamentos

Atrito	ASFT		Griptester	
	65 km/h	95 km/h	65 km/h	95 km/h
Mau	< 0,5	< 0,34	< 0,43	< 0,24
Médio	0,50 – 0,59	0,34 – 0,46	0,43 – 0,52	0,24 – 0,35
Bom	0,60 – 0,82	0,47 – 0,74	0,53 – 0,74	0,36 – 0,64
Muito Bom	> 0,82	> 0,74	> 0,74	> 0,64

Para cada campanha é feita a análise das médias por terço, com a classificação de atribuída conforme o patamar de atrito em que esse valor médio se inscreve.

Seguidamente são analisados os valores das Médias Móveis por terço. As médias móveis são calculadas conforme a proposta do presente estudo e o valor a atribuir a cada terço é a média móvel mínima obtida nesse terço, para cada uma das velocidades ensaiadas. A classificação final do terço é a menor dos ensaios às duas velocidades.

A primeira análise das médias móveis é feita considerando todos os alinhamentos ensaiadas e destina-se principalmente a programar as atividades de manutenção dos pavimentos, ou seja é de cariz funcional, destina-se ao operador do aeroporto.

A segunda análise das médias móveis é feita considerando apenas os alinhamentos centrais, ou seja os alinhamentos até aos 4,5m do eixo, com a exceção do mesmo. A avaliação de atrito resultante desta avaliação é a que se destina a publicação, ou seja de cariz operacional. Destina-se à comunidade aeronáutica, nomeadamente às tripulações.

Posteriormente faz-se uma comparação entre as diferentes classificações que resultem, faz-se a proposta de publicação e uma reflexão sobre ações a desenvolver face aos resultados obtidos.

5.9.4 Caracterização da textura

O estudo das texturas dos aeroportos da ANA, abrangidos pelo SGPA, foram desenvolvidos através da realização de levantamentos efetuados de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹²⁷. Foram feitos levantamentos do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto (com exceção do Aeródromo das Flores onde em virtude de a pista ter 30m de largura, só se realizaram cinco alinhamentos, ao longo do eixo e de alinhamentos a 4 e 10 m de ambos os lados do mesmo).

A medição da profundidade de textura (MPD) foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, que resultam em duas medições, uma do rodado esquerdo e outra do rodado direito, que depois são apresentadas graficamente com linhas de cor diferente.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹²⁸ o estudo contemplou a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹²⁹.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.23})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm. O mesmo apresenta então gráficos com os valores das medições de textura convertidas em valores de ETD, de ambos os rodados, esquerdo e direito e ainda com duas linhas representativas dos limites de manutenção - 0,76mm e do valor mínimo admissível - 0,25mm.

As avaliações de textura do Aeródromo de Manobra n.º1 em Ovar e da Base Aérea n.º11 em Beja foram realizadas de acordo com a norma da Técnica Volumétrica da Mancha¹³⁰ conforme apresentado na descrição de cada um desses casos de estudo.

¹²⁷ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

¹²⁸ FAA, AC 150/5320-12C, 1997

¹²⁹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

¹³⁰ ECS, EN 13036-1, 2001

5.9.5 Caracterização da irregularidade

O estudo deste parâmetro apenas foi realizado para os aeroportos da ANA abrangidos pelo SGPA e para o mesmo foi efetuado o levantamento com um perfilómetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal¹³¹. Este levantamento foi realizado ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto (com exceção do Aeródromo das Flores onde só se efetuaram 5 alinhamentos). Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo, o central e o direito, que se representam graficamente com cores diferentes. Os gráficos do IRI, posteriormente calculado para intervalos de 100m, e depois comparados com uma linha horizontal representativa do máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km). Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI é calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, e apresentam-se esses valores numa tabela.

5.9.6 Contaminação

As considerações sobre contaminação apenas foram feitas relativamente a aeroportos onde isto acontece. As mesmas resultam das inspeções visuais realizadas e de registos fotográficos resultantes das mesmas.

5.10 Aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso

A aplicação das diretrizes propostas a cada um dos estudos de caso consta no Anexo E.

¹³¹ ECS, EN 13036-5, 2006

6 DISCUSSÃO DOS ESTUDOS DE CASO

O estudo, apesar de à partida se afigurar muito ambicioso, devido à localização geográfica das unidades de análise (as pistas portuguesas, estão situadas ao longo de todo o território nacional: continente e ilhas) e à quantidade de ensaios necessários, revelou ser: exequível; prático; económico e temporalmente possível. A situação privilegiada da autora deste trabalho facilitou o acesso aos participantes e a recolha de dados em tempo oportuno. Pelo facto de exercer a sua atividade profissional como inspetora do INAC, tem que fazer com regularidade inspeções a todas as pistas portuguesas, i.e. a recolha de dados necessária à operacionalização do estudo coincide com a atividade profissional da autora. Dado que a investigação científica deve ser uma atitude inerente ao exercício profissional, considerou-se eticamente desejável aproveitar a oportunidade que a riqueza de experiências quotidianas oferecem, para refletir sobre elas, de forma metódica e sistemática, criando conhecimento científico. Há circularidade entre a teoria e a prática: as reflexões teóricas alimentam a prática e a reflexão sobre a prática alimenta a teoria.

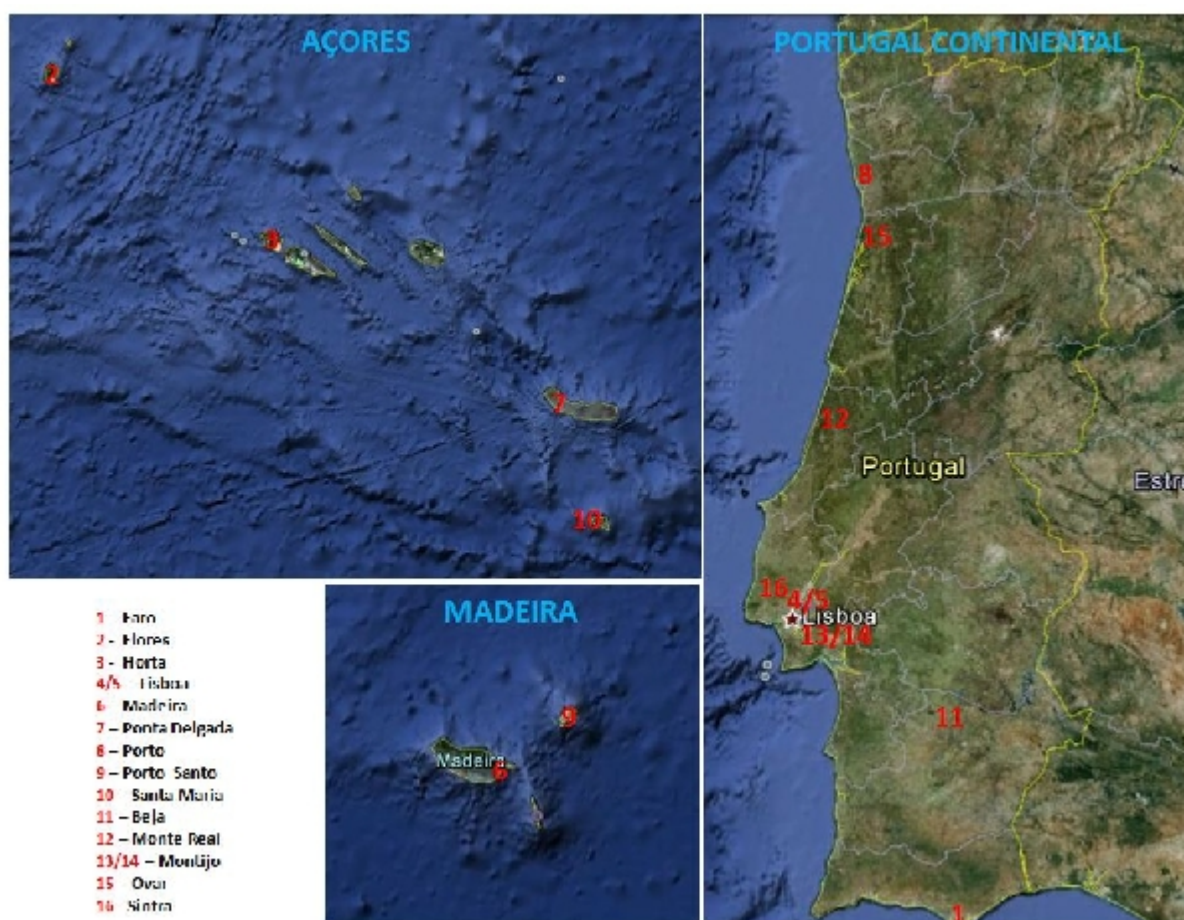


Figura 57 – Distribuição dos estudos de caso no território nacional

6.1 Comparação de estudos de caso

As avaliações funcionais das pistas destinaram-se a validar as diretrizes propostas e ainda, sempre que possível, a estabelecer correlações entre as variáveis em estudo, ou entre os parâmetros caracterizados. Assim, seguidamente proceder-se-á à análise de correlações e consequentemente concluir-se-á sobre os resultados dos estudos de caso desta investigação.

Quando comparadas as avaliações funcionais de todas as pistas efetuadas, para todos e cada um dos diferentes parâmetros fundamentais observa-se que nem todas visaram exatamente os mesmo parâmetros e que nem todas as abordagens de desenvolvimento das campanhas de avaliação foram iguais.

6.1.1 Pistas mais problemáticas

6.1.1.1 Pista 10/28 do Aeroporto de Faro

A Pista 10/28 do Aeroporto de Faro manifesta problemas com o coeficiente de atrito, principalmente na extremidade “C”, a ambas as velocidades a que este parâmetro foi ensaiado em contínuo, ainda que com maior incidência no ensaio desenvolvido a 65km/h. Situação que se confirma com a forte presença de borracha, que quando removida após operações de limpeza, conduz a valores de atrito superiores, conforme observável: na Figura E13 e na Figura E13. A consulta destas figuras permite a apreciação das diferenças dos resultados da campanha de avaliação do atrito de abril de 2010 e de novembro de 2011, esta última realizada após a campanha de remoção de borracha efetuada em março de 2011, onde muito embora alguns intervalos permaneçam os mesmos, os valores de atrito aumentam. Note-se que as limpezas, normalmente incidem mais sobre os locais piores, onde há mais borracha acumulada, deste modo é natural que nestes casos, também se registem maiores diferenças nos valores de coeficiente de atrito nos locais onde a limpeza é melhor. A última campanha de avaliação do coeficiente de atrito, realizada em fevereiro de 2012, mostra resultados melhores do que a de novembro de 2011, sem que se tenha realizado qualquer campanha de limpeza durante esse intervalo. Esta situação acontece porque, segundo informação dos responsáveis pela realização dos ensaios, o equipamento em novembro apresentava algumas anomalias. Assim, optou-se por desprezar os dados dessa campanha e considerar apenas os da última campanha e assim a diferença dos resultados do atrito antes e após a limpeza, abril de 2010 e fevereiro de 2012, é ainda mais significativa. Neste momento, segundo os resultados da última campanha, para efeitos de publicação a pista de Faro ainda dispõe de um atrito

aceitável, mas já carece de limpeza conforme apontado pelos valores de atrito para efeitos de manutenção.

6.1.1.2 Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa

A Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa, que é a mais utilizada do país, com uma magnitude de movimentos da ordem dos 142.000 movimentos por ano, com uma repartição de tráfego de 75/25, tem, em média 146 aterragens na Pista 03, no terço “A” da pista. Neste terço, face ao número de aterragens, os coeficientes de atrito têm valores reduzidos. Os resultados das campanhas apontam, para este terço, valores de atrito maus em ambas as velocidades a que se efetuaram ensaios, os quais, contudo, aumentam significativamente, sendo que passaram a ser classificados como Médio em vez de Mau, após as campanhas de remoção de atrito da pista, conforme se pode constatar da observação das diferenças do resultados da campanha realizada em outubro de 2011 (Figura E63) e os da campanha realizada em fevereiro de 2012 (Figura E66), após a campanha de remoção de atrito de que a pista beneficiou em dezembro de 2011. Os resultados da campanha que posteriormente se efetuou, em maio de 2012, três meses depois, voltaram a manifestar valores piores, também no primeiro terço, “A”. Neste terço a pista voltou a apresentar valores abaixo do mínimo, o que leva a concluir que neste caso, a frequência proposta para a realização de campanhas de remoção de borracha, de 4 em 4 meses, não é suficiente para a garantia de um atrito aceitável e por isso estas campanhas deverão ser efetuadas mais vezes. Este processo deverá ser iterativo até se chegar a um valor aceitável para a realização de campanhas de remoção de borracha. Complementarmente, face à elevada frequência de campanhas de remoção de borracha que possam ter que ser levadas a efeito, será adequado pensar na adoção de outras medidas que evitem esta acumulação de borracha.

6.1.1.3 Pista 18/36 do Aeroporto do Porto Santo

À data da última campanha de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo, agosto de 2004, a Pista 18/36 do Aeroporto do Porto Santo evidenciava problemas com o coeficiente de atrito, nas extremidades, terços “A” e “C”, ainda que para efeitos de publicação, caso contemplados apenas os valores dos alinhamentos centrais, o coeficiente de atrito apenas fosse Mau para o terço “A” (consultar Figura E153). Para efeitos de manutenção a pista precisava de uma operação de limpeza especialmente nos primeiros 200m em ambos os lados da pista e do lado esquerdo dos últimos 400m, mas isto à altura da realização dos ensaios. Contudo, face ao estado de degradação superficial do pavimento da pista, não é aconselhável que se proceda a

qualquer intervenção que não passe por uma recarga da pista, conforme o operador já programou e projetou. Para efeitos de publicação, como já passaram 8 anos desde a última campanha de avaliação do parâmetro, o mais prudente e conservativo será a publicação de que o coeficiente de atrito é Mau em todos os terços, e complementarmente ser dada informação de que o pavimento da pista se poderá tornar escorregadio quando molhado.

6.1.1.4 Pista 01L/19R da Base Aérea de Beja

A Pista 01L/19R da Base Aérea n.º11, em Beja, foi avaliada em dois momentos, por duas entidades distintas. Uma primeira avaliação aconteceu em novembro de 2009 e foi realizada pelo GEAFa/FAP com um *Griptester*, a segunda avaliação aconteceu em abril de 2010 e foi realizada pela DIA/ANA com um ASFT. Os resultados da avaliação do GEAFa, de novembro de 2009 (consultar Figura E175) apontam, quer para efeitos de manutenção, quer para efeitos de publicação, para valores de atrito Maus em todos os terços que se devem às avaliações a 65km/h, porque a 95km/h os mesmos estão no patamar de atrito Médio. Os resultados da avaliação da DIA, de abril de 2010 (consultar Figura E178), apontam para efeitos de publicação valores de atrito Médio, e para efeitos de manutenção valores de atrito Mau, que também se devem à avaliação desenvolvida à velocidade de 65km/h. A 95km/h apontam para valores de atrito Médios.

Quando observados os diagramas das médias móveis da pista, pode observar-se que no caso dos ensaios realizados pelo GEAFa (ver Figura E176) o maior número de intervalos de atrito mau se observa no terço central, a 65km/h e que no caso dos ensaios realizados pela ANA (ver Figura E179), o maior número de intervalos de atrito Mau observa-se ao longo de todo o alinhamento central, também a 65km/h. O maior problema relativamente ao parâmetro do atrito reside nos alinhamentos centrais da pista e as diferenças entre os resultados a 65km/h, comparativamente piores que os resultados a 95km/h também são corroboradas pelos ensaios de avaliação da Técnica Volumétrica da Mancha, que apontam para uma macrotextura medianamente fechada, quando deveria ser, no mínimo, medianamente aberta e pelos ensaios de Pêndulo Britânico que apontam para uma microtextura rugosa a muito rugosa, Boa.

Os valores de IFI, na sua totalidade entre classificações de Bom e Ótimo, não corroboram as classificações obtidas com as avaliações de atrito pontuais e em contínuo, nem com as avaliações da macrotextura.

Neste caso em particular, não obstante as últimas avaliações terem apontado para a publicação de um atrito Médio em toda a pista, considera-se mais conservativo considerar que o atrito é Mau em todos os terços da pista, conforme apontavam os resultados da anterior campanha e após os quais não foram realizadas quaisquer intervenções na pista. Complementarmente também deverá ser dada a informação de que o pavimento da pista se poderá tornar escorregadio quando molhado.

De momento, e após a confirmação da eficácia da limpeza comprovada durante o teste realizado em julho do corrente ano, a pista deverá ser limpa com a maior brevidade possível e posteriormente realizada uma campanha de avaliação funcional completa. De futuro dever-se-á procurar respeitar a periodicidade das campanhas de avaliação, de modo a evitar que os valores de atrito decaiam para lá do valor mínimo.

6.1.1.5 Pista 01/19 da Base Aérea de Monte Real

A Pista 01/19 da Base Aérea n.º5 em Monte Real manifesta alguns problemas com o coeficiente de atrito no terço central “B”. Refere-se “alguns” problemas porque da observação do diagrama das médias móveis de atrito da Figura E188, constata-se que há valores no patamar vermelho, atrito Mau, ainda que muito poucos e localizados no alinhamento central no terço central da pista, a 65km/h. Daí que os resultados, consultar Figura E187, apontem para que se publique que o atrito é Médio no 1.º e no 3.º terços e Mau no 2.º terço, e que complementarmente seja emitido um NOTAM a informar que o 2.º terço da pista de Monte Real se pode tornar escorregadio quando molhado.

De momento deverá ser agendada uma campanha de limpeza da pista, a realizar com a maior brevidade possível. A limpeza deverá incidir principalmente no 2.º terço da pista ao longo da faixa central. Para efeitos de confirmação de problemas com a macrotextura/contaminação/drenagem, após essa campanha de limpeza, para além de nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo às duas velocidades, poderão ser realizados ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha. De futuro dever-se-á procurar respeitar a periodicidade das campanhas de avaliação, de modo a evitar que os valores de atrito decaiam para lá do valor mínimo.

6.1.1.6 Pista 01/19 da Base Aérea do Montijo

A Pista 01/19 da Base Aérea n.º6 no Montijo manifesta alguns problemas com o coeficiente de atrito nos terços das extremidades “A” e “C”. Refere-se “alguns” problemas porque existem nestes troços alguns, ainda que poucos, valores no patamar vermelho, atrito Mau, e também existem alguns valores no patamar amarelo, atrito Médio, conforme observável no diagrama das médias móveis de atrito da Figura E18896. Estes valores observam-se especialmente nos ensaios realizados a 95km/h. Assim, não obstante para efeitos de publicação o atrito ainda seja aceitável e apontem para que se publique que o atrito da Pista 01/19 do Montijo é médio em todos os terços, é importante que se tomem medidas.

De momento deverão ser desencadeadas operações de limpeza. Desejavelmente dever-se-iam fazer ensaios de Pêndulo Britânico e de Técnica Volumétrica da Mancha, para perceber porque é que comparativamente, os resultados a 95km/h são piores que os resultados a 65km/h, bem como novos ensaios de avaliação do atrito em contínuo, a duas velocidades, após a campanha de limpeza da pista. A periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e das campanhas de remoção de borracha deverá ser respeitada, isto é, no mínimo o coeficiente de atrito deve ser avaliado em contínuo uma vez por ano e agendadas campanhas de remoção de borracha de dois em dois anos, caso os valores do atrito confirmem a sua necessidade. O que acontece é que a última avaliação do atrito já foi realizada há dois anos, o que excede claramente esses prazos.

6.2 Análise comparativa

Com o propósito de proceder a uma análise comparativa da generalidade dos dados obtidos nos diversos parâmetros, nas pistas incluídas na amostra do estudo fez-se um resumo que se apresenta no ANEXO F, cujas cores correspondem aos níveis de atrito da Tabela 15.

Local / Equipamento	Pista	Data	MMMin			Média			MMMin			Média		
			65km/h			65km/h			95km/h			95km/h		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beja / Grip	01L/19R	Nov 2009	0,43	0,41	0,41	0,46	0,44	0,47	0,30	0,30	0,32	0,36	0,35	0,38
Beja / ASFT	01L/19R	Abr 2010	0,53	0,51	0,52	0,61	0,60	0,62	0,48	0,45	0,44	0,55	0,53	0,56
Madeira / Grip	05/23	Jul 2011	0,65	0,76	0,71	0,82	0,83	0,82						
Madeira / ASFT	05/23	Abr 2012	0,73	0,82	0,87	0,92	0,95	0,97	0,67	0,74	0,75	0,85	0,90	0,89

Figura 58 – Coeficientes de atrito: *Griptester* vs. ASFT

Conforme observável na Figura 58, os coeficientes de atrito da mesma pista obtidos com equipamentos de avaliação do atrito em contínuo diferentes, são diferentes. Consta-se que nos casos onde a mesma pista foi avaliada por equipamentos diferentes, como foi o caso da Pista 01L/19R da Base Aérea n.º11, em Beja, que foi avaliada em novembro de 2009 pelo *Griptester* da FAP e 5 meses depois, em abril de 2010, pelo ASFT da ANA e o caso da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira, que foi avaliada em julho de 2011, pelo *Griptester* da FAP e 9 meses depois, em abril de 2012, pelo ASFT da ANA, na generalidade os valores de atrito obtidos com o ASFT são superiores aos obtidos com o *Griptester*, isto não obstante as campanhas efetuadas com o ASFT terem ocorrido depois das efetuadas com o *Griptester* e sem que as pistas tenham sido alvo de intervenções durante os períodos que mediam entre as avaliações. Durante esses períodos, com o decurso do tempo, com a exposição ao tráfego e às condições atmosféricas, teria sido natural o decréscimo dos valores do atrito e não o seu aumento. Assim, conclui-se que nestes dois casos, os valores obtidos com o *Griptester* são inferiores aos obtidos com o ASFT e por isso, considera-se o primeiro equipamento mais conservativo. Note-se que não se pode generalizar esta conclusão atendendo ao reduzido número de unidades de análise, por esse motivo nem sequer foi considerada esta hipótese neste estudo para efeitos de análise estatística.

No caso da pista de Beja, entre as duas avaliações decorreram 5 meses, e os valores do atrito obtidos com o ASFT, quando considerados os mínimos das médias móveis por terço, a 65km/h, são 25% superiores aos obtidos com o *Griptester*. Quando observadas as médias por terço, obtidas com os dois equipamentos, constata-se que a diferença entre os valores obtidos com os dois equipamentos é de 33%, também maiores no caso do ASFT. Quando considerados os mínimos das médias móveis por terço a 95km/h, os valores obtidos com o ASFT são 50% superiores aos obtidos com o *Griptester*; em termos de médias por terço esta diferença é de 52%, registando-se também os maiores valores com o ASFT. Quando apreciadas estas diferenças em termos de intervalos de classificação de atrito, a 65km/h todas as classificações provenientes dos mínimos das médias móveis por terço do ASFT estão um patamar acima dos obtidos com o *Griptester*. Em termos de intervalos obtidos com as médias por terço dos três intervalos, só um, não muda de patamar de atrito, quando considerados os valores obtidos com os dois equipamentos diferentes. A 95km/h, quer em termos de mínimos de médias móveis por terço, quer em termos de médias por terço, apenas se observa a mudança de patamar, num dos terços. Para concluir, no caso de Beja, há diferença quer em termos de mínimos de médias móveis por terço, quer em termos de médias por terço, quer em

termos de classificações de atrito por terço, recorrendo a um ou a outro método, relativamente aos valores obtidos com o ASFT e com o *Griptester*, e os obtidos com o *Griptester* são invariavelmente inferiores aos obtidos com o ASFT.

No caso da pista da Madeira, entre as duas avaliações decorreram 9 meses, contudo, apenas se podem comparar os valores das avaliações efetuadas a 65km/h porque a primeira campanha de avaliação do parâmetro, efetuada com o *Griptester*, não contemplou corridas a 95km/h. Quer quando considerados os valores dos mínimos de médias móveis por terço, quer quando considerados os valores das médias por terço, os valores obtidos com o ASFT são 15% superiores aos obtidos com o *Griptester*. Relativamente a intervalos de classificação do atrito, entre um e outro equipamento apenas há alteração de um dos terços, no caso dos mínimos de médias móveis por terço. No caso das médias todos os intervalos se mantêm no mesmo patamar, não obstante o equipamento de avaliação. Em sùmula, em termos de mínimos de médias móveis por terço há diferença nos resultados obtidos com os dois equipamentos, quer em termos de valor, quer em termos de classificação do atrito (patamar). Em termos de médias por terço esta diferença apenas se reflete em termos de valores de coeficiente de atrito.

Quando comparado o caso da pista da Madeira com o da pista de Beja, tem-se a referir que no còmputo geral os valores de atrito da pista de Beja são inferiores aos da pista da Madeira e que o período entre avaliações no caso de Beja também foi inferior, dois fatores que poderão explicar o facto de no caso da pista da Madeira, as diferenças entre os valores e os intervalos de atrito dos dois equipamentos não serem tão expressivas como no caso de Beja.

Outra situação que se constata é que os piores resultados de valores de atrito ocorrem em pistas com muito tráfego (caso da 03/21 do Aeroporto de Lisboa), em pistas de betuminoso com temperaturas elevadas (caso da 10/28 do Aeroporto de Faro) e no caso de pistas com pouco tráfego onde se desenvolvem poucas operações de limpeza (caso da 01L/19R da Base Aérea de Beja; da 01/19 da Base Aérea de Monte Real, da 01/19 da Base Aérea do Montijo e também da 18/36 do Aeródromo de Manobra de Ovar antes da limpeza). O que leva a concluir que a limpeza é fundamental quer nas pistas onde há muito tráfego, quer nas pistas onde há pouco tráfego, e que por essa situação também precisam de ser limpas. O caso de não terem borracha acumulada não quer dizer que não estejam contaminadas com outras substâncias igualmente prejudiciais.

6.3 Conclusões dos estudos de caso

Relativamente ao primeiro objetivo deste estudo, para o qual se formularam as primeiras 3 hipóteses, o resumo dos dados utilizados para o teste das mesmas é o que se apresenta na Figura 59, cujas cores correspondem aos níveis de atrito da Tabela 15.

	Pista	Data	MMMin			Média			MMMin			Média		
			65km/h			65km/h			95km/h			95km/h		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beja	01L/19R	Abr 2010	0,53	0,51	0,52	0,61	0,60	0,62	0,48	0,45	0,44	0,55	0,53	0,56
Faro	10/28	Abr 2010	0,70	0,76	0,40	0,86	0,90	0,82	0,51	0,72	0,26	0,80	0,84	0,78
	10/28	Nov 2011	0,66	0,77	0,44	0,86	0,86	0,84	0,54	0,72	0,43	0,83	0,84	0,82
	10/28	Fev 2012	0,67	0,84	0,52	0,91	0,95	0,89	0,58	0,82	0,47	0,84	0,88	0,83
Flores	18/36	Set 2009	0,76	0,83	0,85	0,88	0,89	0,91	0,72	0,80	0,82	0,84	0,84	0,87
	18/36	Set 2011	0,65	0,68	0,63	0,74	0,76	0,78	0,69	0,71	0,75	0,80	0,75	0,76
Horta	10/28	Dez 2009	0,75	0,61	0,77	0,99	0,98	0,94	0,78	0,61	0,71	0,98	0,97	0,93
	10/28	Set 2011	0,85	0,83	0,84	0,96	0,94	0,92	0,83	0,79	0,79	0,92	0,89	0,89
Lisboa	03/21	Out 2011	0,43	0,57	0,51	0,78	0,82	0,80	0,27	0,50	0,54	0,71	0,75	0,76
	03/21	Fev 2012	0,54	0,71	0,75	0,87	0,85	0,88	0,41	0,70	0,66	0,81	0,80	0,83
	03/21	Mai 2012	0,43	0,69	0,51	0,85	0,82	0,86	0,41	0,70	0,66	0,81	0,80	0,83
	17/35	Mai 2010	0,80	0,71	0,71	0,98	0,94	0,95	0,82	0,79	0,75	0,93	0,91	0,95
	17/35	Out 2011	0,68	0,75	0,76	0,94	0,95	0,96						
	17/35	Fev 2012	0,81	0,81	0,85	1,02	0,99	0,98	0,76	0,78	0,82	0,97	0,95	0,94
Madeira *	05/23	Jul 2011	0,65	0,76	0,71	0,82	0,83	0,82						
	05/23	Abr 2012	0,73	0,82	0,87	0,92	0,95	0,97	0,67	0,74	0,75	0,85	0,90	0,89
Ponta Delgada	12/30	Mai 2010	0,57	0,63	0,64	0,70	0,72	0,79	0,54	0,62	0,60	0,69	0,71	0,77
	12/30	Jan 2012	0,92	0,92	0,92	1,01	1,02	1,04	0,84	0,69	0,77	0,94	0,96	0,98
Porto	17/35	Mar 2010	0,84	0,84	0,68	0,92	0,92	0,91	0,77	0,81	0,57	0,88	0,89	0,87
	17/35	Dez 2011	0,71	0,71	0,71	0,88	0,84	0,85	0,61	0,70	0,71	0,83	0,80	0,80
	17/35	Mar 2012	0,78	0,78	0,79	0,96	0,98	0,97	0,78	0,61	0,67	0,89	0,87	0,87
Porto Santo**	18/36	Ago 2004	0,35	0,67	0,46	0,71	0,76	0,68						
Santa Maria	18/36	Set 2009	0,75	0,79	0,73	0,86	0,87	0,86	0,57	0,69	0,63	0,75	0,76	0,74
	18/36	Set 2011	0,73	0,79	0,69	0,87	0,87	0,87	0,71	0,79	0,67	0,82	0,82	0,83
Beja	01L/19R	Nov 2009	0,43	0,41	0,41	0,46	0,44	0,47	0,30	0,30	0,32	0,36	0,35	0,38
Monte Real	01/19	Dez 2009	0,45	0,35	0,48	0,66	0,65	0,65	0,48	0,49	0,43	0,65	0,61	0,58
Montijo	01/19	Fev 2010	0,52	0,49	0,65	0,68	0,79	0,74	0,36	0,44	0,36	0,48	0,64	0,54
	08/26	Fev 2010	0,50	0,56	0,53	0,66	0,63	0,61	0,44	0,38	0,35	0,59	0,48	0,45
Ovar	18/36	Abr 2009	0,56	0,59	0,58	0,67	0,70	0,68	0,39	0,42	0,44	0,52	0,52	0,54
Sintra	14/32	Fev 2011	0,65	0,61	0,66	0,83	0,80	0,78	0,43	0,43	0,40	0,68	0,62	0,61

Figura 59 – Dados destinados ao teste das hipóteses, referentes ao primeiro objetivo

Relativamente ao segundo objetivo, para o qual se formularam as hipóteses 4 e 5, o resumo dos dados para o teste das mesmas é o que se apresenta na Figura 60, onde as cores obedecem ao definido na Tabela 15.

	Pista	Data	MMMin			Média			MMMin			Média		
			65km/h			65km/h			95km/h			95km/h		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Faro*	10/28	Abr 2010	0,70	0,76	0,40	0,86	0,90	0,82	0,51	0,72	0,26	0,80	0,84	0,78
	10/28	Nov 2011	0,66	0,77	0,44	0,86	0,86	0,84	0,54	0,72	0,43	0,83	0,84	0,82
	10/28	Fev 2012	0,67	0,84	0,52	0,91	0,95	0,89	0,58	0,82	0,47	0,84	0,88	0,83
Lisboa	03/21	Out 2011	0,43	0,57	0,51	0,78	0,82	0,80	0,27	0,50	0,54	0,71	0,75	0,76
	03/21	Fev 2012	0,54	0,71	0,75	0,87	0,85	0,88	0,41	0,70	0,66	0,81	0,80	0,83
	17/35	Out 2011	0,68	0,75	0,76	0,94	0,95	0,96						
	17/35	Fev 2012	0,81	0,81	0,85	1,02	0,99	0,98	0,76	0,78	0,82	0,97	0,95	0,94
Porto**	17/35	Dez 2011	0,71	0,71	0,71	0,88	0,84	0,85	0,61	0,70	0,71	0,83	0,80	0,80
	17/35	Mar 2012	0,78	0,78	0,79	0,96	0,98	0,97	0,78	0,61	0,67	0,89	0,87	0,87

Figura 60 – Dados destinados ao teste das hipóteses, referentes ao segundo objetivo

Neste caso, atendendo a que os responsáveis pela realização da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada em novembro de 2011, à Pista 10/28 do Aeroporto de Faro manifestaram algumas reservas sobre os resultados obtidos motivadas por algumas deficiências que o equipamento manifestou durante a condução do ensaio, optou-se por apenas comparar os dados da campanha de abril de 2010 com os da campanha de fevereiro de 2012 e ignorar os de novembro de 2011 e daí aparecer um asterisco na Figura 60. Relativamente à comparação dos resultados antes e depois da campanha de limpeza da Pista 17/35 do Aeroporto do Porto também aparecem dois asteriscos na Figura 60. Esta situação deve-se ao facto desta campanha ter sido meramente de limpeza e não ter contemplado a remoção de borracha, como as campanhas dos restantes casos estudados tendo em vista a concretização do segundo objetivo.

6.3.1 H1

“**H1** – As classificações do coeficiente de atrito obtidas a partir dos valores calculados pelos dois métodos: cálculo em função do valor médio por terço e cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço, são diferentes”

Para testar esta hipótese procedeu-se à análise das diferenças entre os resultados obtidos com as médias e com os mínimos das médias móveis, esta análise foi efetuada comparando pares de dados (mínimo das médias móveis / média), por terço de pista (A; B e C), a ambas as velocidades (65km/h e 95km/h). Para a comparação destes 6 pares de dados utilizou-se o Teste de t para amostras emparelhadas. Este teste destina-se a testar uma variável numa

amostra que inclui dois grupos de sujeitos, com características que podem ser semelhantes, em que o que se pretende provar é que os resultados obtidos com esses dois grupos de sujeitos (os mínimos das médias móveis e as médias) não são semelhantes, ou seja, são diferentes.

Para o efeito estabelece-se como hipótese nula: “os valores a considerar para classificar o coeficiente de atrito, calculados pelos dois métodos são iguais”.

Pares de Diferenças		Média	N	Desvio Padrão	Teste t
Par 1	A_65_MMMi	0,6467	30	0,14641	-10,965 (p<0.001)
	A_65_M	0,8287	30	0,13513	
Par 2	B_65_MMMi	0,693	30	0,13669	-9,470 (p<0.001)
	B_65_M	0,834	30	0,1331	
Par 3	C_65_MMMi	0,6523	30	0,14799	-9,623 (p<0.001)
	C_65_M	0,828	30	0,13069	
Par 4	A_95_MMMi	0,5811	27	0,1733	-9,348 (p<0.001)
	A_95_M	0,7674	27	0,15771	
Par 5	B_95_MMMi	0,637	27	0,15359	-8,325 (p<0.001)
	B_95_M	0,7659	27	0,15998	
Par 6	C_95_MMMi	0,5841	27	0,16973	-8,444 (p<0.001)
	C_95_M	0,763	27	0,16095	

Figura 61 – Teste t para a H1

Conforme observável na Figura 61 todos os valores de p são inferiores a 0,001 o que segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, quer dizer que os resultados são extremamente significativos (***). O que significa que a hipótese de os valores conduzirem a resultados iguais é extremamente pouco significativa, assim sendo há uma probabilidade muito grande, de os resultados dos Mínimos da Médias Móveis serem diferentes dos resultados das Médias, para todos os pares estudados, o que permite aceitar a Hipótese 1.

Para complementar e ilustrar graficamente a análise ainda se traçou o gráfico de BoxPlots. Este tipo de gráfico serve para representar as seguintes medidas de tendência central: o mínimo; o máximo; o terceiro quartil e a mediana. O mesmo ilustra a dispersão dos resultados.

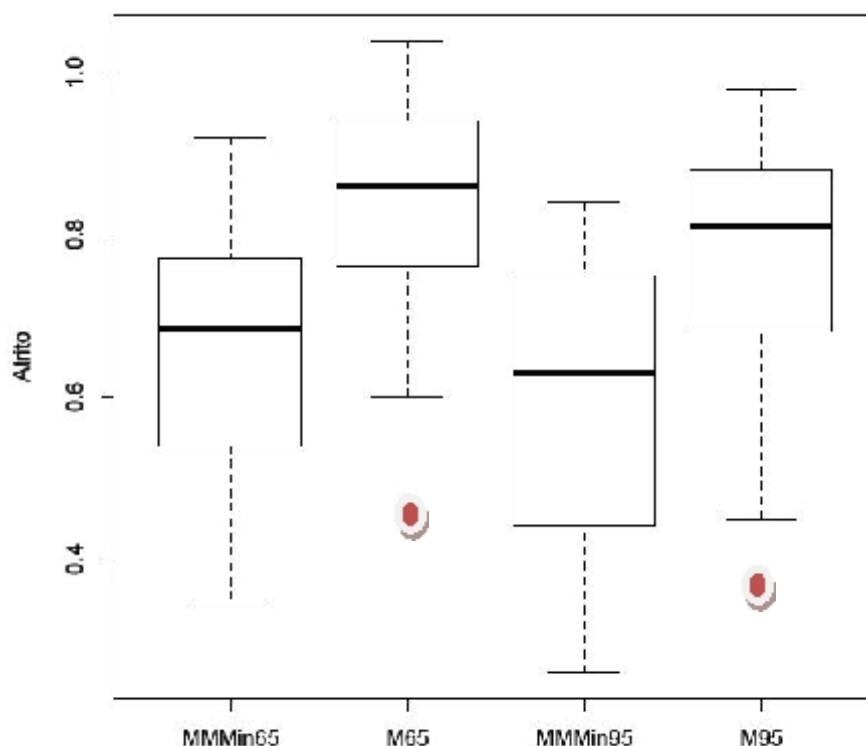


Figura 62 – Gráfico BoxPlots para a H1

Analisando o gráfico da Figura 62 observa-se que todos os dados encaixam na distribuição com exceção dos pontos a vermelho, correspondentes aos valores da Pista 01L/19R da Base Aérea n.º11, em Beja, obtidos na campanha realizada em novembro de 2009, pelo GEAFa. Esta campanha foi realizada, não pela equipa do Laboratório do GEAFa, mas por um aluno, o que pode explicar a diferença. Resulta concluir desta situação, que a competência dos operadores: formação específica, treino e experiência, conforme referido nos números: 4.2.9.2 e 4.3.6.2, são cruciais para o sucesso das campanhas de avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos.

Uma vez aceite a Hipótese 1, faz sentido que se estude a Hipótese 2.

6.3.2 H2

“H2 – A classificação do atrito com base no método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço é mais conservativa que a classificação do atrito com base no método de cálculo em função do valor médio por terço.”

Com esta Hipótese pretende-se dizer que se a classificação do atrito for realizada com base no método de cálculo dos valores mínimos das médias móveis por terço, em vez de ser realizada

com base no método de cálculo em função do valor médio por terço, os resultados são mais conservativos, i.e., estão mais do lado da segurança. Pretende-se demonstrar, que a classificação do atrito por terço recorrendo ao cálculo do valor médio do atrito do terço, conforme se faz atualmente, atribuí classificações de atrito superiores às que, na realidade, cada terço da pista possui.

Os dados referentes à validação desta hipótese são nominais, assim sendo foi utilizado o Teste de Fisher. Este teste pressupõe que se desenhe uma tabela de contingência, que consiste numa tabela de coincidências. O que esta tabela quer dizer é que, por exemplo, quando na Figura 63 aparece o valor 40, é porque há 40 casos que pelo método de cálculo do mínimo das médias móveis por terço foram classificados como Bom e pelo método de cálculo da média por terço foram classificados como Muito Bom.

Foram desenhadas duas tabelas, uma para comparar as classificações de atrito obtidas a partir dos dois métodos para os ensaios realizados a 65km/h, Figura 63 e outra para comparar as classificações de atrito obtidas a partir dos dois métodos para os ensaios realizados a 95km/h Figura 64.

Classificação do Total		TOTAL 65 Média				Total	Teste de Fisher
		Mau	Médio	Bom	Muito Bom		
TOTAL 65 MMMin	Mau	0	3	3	3	9	$P = 2,235E-7$ $P < 0,001$
	Médio	0	1	11	4	16	
	Bom	0	0	10	40	50	
	Muito Bom	0	0	0	15	15	
Total		0	4	24	62	90	

Figura 63 – Teste de Fisher, para comparação de M com MMM a 65km/h; H2

Classificação do Total		TOTAL 95 Média				Total	Teste de Fisher
		Mau	Médio	Bom	Muito Bom		
TOTAL 95 MMMin	Mau	0	0	1	1	2	P = 0,0002205 P < 0,001
	Médio	0	0	7	4	11	
	Bom	0	0	16	29	45	
	Muito Bom	0	1	0	19	20	
Total		0	1	24	53	78	

Figura 64 – Teste de Fisher, para comparação de M com MMM a 95km/h; H2

Em ambos os casos, o valor de “p” resultou inferior a 0,001, ou seja, P é inferior a 0,1% o que quer dizer, segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, que os resultados são estatisticamente extremamente significativos (***) e que portanto se deve aceitar a hipótese da classificação do atrito com base no método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço ser mais conservativa que a classificação do atrito com base no método de cálculo em função do valor médio por terço.

Aceitar esta hipótese valida a proposta de que o método utilizado para a classificação do atrito por terço da pista deva ser o do cálculo dos mínimos das médias móveis por terço e não o das médias por terço, que é uma das propostas das diretrizes para a avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos, elaboradas com base nos resultados deste estudo.

6.3.3 H3

“**H3** - O método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço permite a identificação de troços de 100m ou mais, cujo valor de atrito é inferior ao valor mínimo admissível.”

Para validar a Hipótese 3, atendendo a que o principal objetivo consiste na descrição de uma característica do grupo, recorreu-se à estatística descritiva. O mero cálculo de uma das medidas de tendência central, a média, é suficiente para a validação da hipótese. O cálculo da média, não da amostra, mas de conjuntos de valores sucessivos obtidos em troços de 100m de comprimento, permite identificar os troços de 100m de extensão cujo valor de atrito é inferior ao mínimo. A representação gráfica em diagramas de cores, correspondentes aos intervalos de

classificação de atrito de cada um desses troços, permite a identificação dos troços de 100m cujo valor de atrito é inferior ao mínimo e em que locais da pista é que tal acontece de uma forma mais elucidativa, bem como ter uma perceção geral do conjunto de valores de atrito da totalidade da pista, conforme observável na Figura 65.

Distância (m)	Pista 05												VM (m/s)	Pista 05															
	12	9	8	4,5	3	1,5	CL	CL'	1,5'	3'	4,5'	8'		9'	12'	12	9	8	4,5	3	1,5	CL	CL'	1,5'	3'	4,5'	8'	9'	12'
10	0,68	0,97	0,88	0,78	0,79	0,89	0,42	0,85	0,87	0,69	0,73	0,77	0,97	0,89															
20	0,67	0,83	0,84	0,75	0,75	0,87	0,66	0,85	0,82	0,73	0,73	0,81	0,97	0,81															
30	0,88	0,91	0,89	0,88	0,77	0,89	0,77	0,87	0,77	0,73	0,73	0,81	0,93	0,87															
40	0,97	0,92	0,99	0,64	0,73	0,99	0,76	0,89	0,76	0,75	0,74	0,84	0,94	0,94															
50	0,94	0,99	0,92	0,82	0,89	0,89	0,70	0,89	0,86	0,77	0,79	0,91	0,97	0,94															
60	0,98	0,97	0,95	0,82	0,84	0,89	0,70	0,89	0,82	0,70	0,80	0,82	0,95	0,85															
70	0,88	0,95	0,85	0,80	0,83	0,81	0,72	0,93	0,82	0,71	0,73	0,82	0,95	0,89															
80	0,86	0,92	0,92	0,80	0,83	0,81	0,73	0,85	0,86	0,73	0,73	0,80	0,97	0,87															
90	0,85	0,91	0,85	0,81	0,85	0,87	0,74	0,87	0,81	0,82	0,75	0,81	0,95	0,88															
100	0,82	0,94	0,94	0,78	0,84	0,89	0,73	0,87	0,82	0,81	0,77	0,86	1,03	0,97		VM1	0,88	0,93	0,93	0,78	0,79	0,89	0,71	0,88	0,72	0,79	0,76	0,88	0,95
110	0,92	0,92	0,89	0,79	0,94	0,87	0,81	0,93	0,84	0,89	0,75	0,84	0,99	0,94	VM2	0,96	0,92	0,91	0,76	0,82	0,89	0,74	0,89	0,76	0,77	0,76	0,89	0,96	0,84
120	0,95	0,94	0,82	0,80	0,89	0,89	0,73	0,91	0,78	0,79	0,79	0,82	1,02	0,94	VM3	0,95	0,93	0,89	0,77	0,81	0,89	0,75	0,90	0,81	0,79	0,77	0,90	0,97	0,85
130	0,85	0,87	0,83	0,81	0,84	0,71	0,73	0,91	0,81	0,68	0,80	0,80	1,02	0,90	VM4	0,94	0,92	0,90	0,79	0,82	0,88	0,70	0,90	0,81	0,78	0,77	0,92	0,97	0,85
140	0,85	0,84	0,84	0,81	0,85	0,84	0,61	0,93	0,85	0,75	0,85	0,86	1,02	0,85	VM5	0,88	0,97	0,89	0,81	0,84	0,87	0,73	0,81	0,82	0,75	0,78	0,83	0,98	0,86
150	0,86	0,89	0,81	0,78	0,88	0,82	0,61	0,89	0,86	0,65	0,85	0,86	1,05	0,87	VM6	0,88	0,97	0,89	0,80	0,85	0,87	0,71	0,81	0,82	0,74	0,79	0,84	0,98	0,85
160	0,84	0,93	0,89	0,78	0,89	0,84	0,61	0,89	0,82	0,63	0,82	0,86	1,03	0,82	VM7	0,92	0,91	0,89	0,80	0,87	0,87	0,70	0,89	0,81	0,71	0,79	0,84	0,99	0,85
170	0,95	0,92	0,85	0,79	0,91	0,91	0,70	0,79	0,73	0,69	0,79	0,89	1,04	0,88	VM8	0,92	0,91	0,88	0,79	0,87	0,87	0,70	0,89	0,80	0,69	0,79	0,85	1,00	0,85
180	0,95	0,93	0,89	0,79	0,95	0,94	0,78	0,79	0,75	0,55	0,79	0,89	1,02	0,87	VM9	0,92	0,91	0,87	0,80	0,89	0,88	0,70	0,89	0,80	0,69	0,79	0,85	1,00	0,85
190	0,97	0,94	0,89	0,79	0,94	0,89	0,79	0,70	0,62	0,60	0,75	0,86	1,02	0,87	VM10	0,92	0,91	0,88	0,79	0,85	0,88	0,71	0,87	0,72	0,66	0,79	0,86	1,01	0,85
200	0,87	0,91	0,85	0,74	0,91	0,84	0,78	0,61	0,59	0,40	0,74	0,86	1,03	0,83	VM11	0,93	0,91	0,87	0,79	0,85	0,87	0,71	0,84	0,76	0,69	0,79	0,86	1,01	0,85
210	0,88	0,98	0,83	0,71	0,92	0,75	0,72	0,58	0,66	0,38	0,73	0,86	1,02	0,88	VM12	0,93	0,91	0,88	0,78	0,81	0,86	0,70	0,80	0,74	0,67	0,79	0,87	1,00	0,85
220	0,87	0,90	0,81	0,75	0,90	0,78	0,71	0,57	0,54	0,36	0,71	0,87	1,02	0,87	VM13	0,88	0,99	0,89	0,78	0,91	0,88	0,70	0,77	0,72	0,51	0,79	0,87	1,00	0,80
230	0,98	0,99	0,93	0,64	0,99	0,73	0,70	0,55	0,61	0,49	0,79	0,87	0,94	0,89	VM14	0,95	0,93	0,89	0,76	0,82	0,88	0,70	0,70	0,70	0,51	0,79	0,87	1,01	0,85
240	0,94	0,99	0,93	0,67	0,99	0,81	0,70	0,69	0,63	0,47	0,79	0,84	0,93	0,89	VM15	0,95	0,95	0,90	0,75	0,83	0,88	0,71	0,70	0,67	0,50	0,76	0,87	0,99	0,85
250	0,96	0,99	0,96	0,66	0,92	0,73	0,69	0,47	0,55	0,41	0,75	0,80	0,95	0,70	VM16	0,96	0,96	0,90	0,73	0,81	0,83	0,72	0,66	0,64	0,49	0,75	0,87	0,94	0,83
260	0,86	0,95	0,87	0,64	0,81	0,69	0,68	0,51	0,58	0,38	0,79	0,80	0,91	0,87	VM17	0,86	0,95	0,91	0,72	0,90	0,89	0,73	0,62	0,63	0,49	0,75	0,86	0,90	0,89
270	0,95	1,03	0,93	0,67	0,87	0,63	0,61	0,55	0,56	0,47	0,75	0,81	0,95	0,64	VM18	0,86	0,97	0,93	0,71	0,90	0,78	0,73	0,60	0,67	0,49	0,76	0,80	0,87	0,86
280	0,82	1,01	0,94	0,66	0,93	0,81	0,71	0,59	0,40	0,55	0,78	0,82	0,85	0,69	VM19	0,86	0,98	0,93	0,69	0,90	0,76	0,70	0,58	0,54	0,49	0,74	0,84	0,85	0,83
290	0,95	1,01	0,99	0,68	0,97	0,89	0,67	0,62	0,52	0,51	0,72	0,80	0,99	0,89	VM20	0,86	0,99	0,93	0,69	0,90	0,71	0,69	0,57	0,53	0,44	0,74	0,83	0,85	0,81
300	0,60	0,99	0,91	0,64	0,95	0,89	0,73	0,62	0,61	0,52	0,87	0,80	0,97	0,84	VM21	0,93	0,99	0,94	0,67	0,89	0,89	0,69	0,57	0,53	0,43	0,75	0,82	0,85	0,81

Figura 65 – Exemplo de parte de diagrama de médias móveis

Assim, considera-se que a Hipótese 3 deve ser aceite.

6.3.4 H4

“H4 - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 65km/hora.”

Para validar a Hipótese 4, o que se fez foi comparar os resultados obtidos, a 65km/h, antes e após a realização de campanhas de limpeza da pista.

Face ao reduzido tamanho da amostra para testar esta hipótese, apenas com 4 casos onde foram recolhidos dados de avaliações efetuadas a 65km/h, antes e após a realização de uma campanha de limpeza da pista, recorreu-se a mais do que um teste, não paramétricos, para a validação da mesma. Foram realizados os estudos da correlação existentes entre os dados obtidos antes da campanha de limpeza e os dados obtidos após a campanha de limpeza, recorrendo aos testes de Spearman e de Pearson.

Spearman				
Variáveis comparadas		Dados de atrito	Estatística	P
MMMin65 Antes	MMMin65 Após	Valores	0,863729	0,0002931
M65 Antes	M65 Após	Valores	0,1333333	0,6795000

Figura 66 – Correlação de Spearman, atrito antes e após limpeza, a 65km/h

Conforme observável na Figura 66, relativa ao Teste de Spearman a 65km/h, os valores de “p” referentes às comparações dos mínimos das médias móveis por terço, antes e após limpeza, são inferiores a 0,001 e os valores de “p” referentes às comparações das médias por terço, antes e após limpeza, são superiores a 0,5. Assim, segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, os resultados do teste de comparação antes e após limpeza dos mínimos das médias móveis por terço são estatisticamente extremamente significativos (***) e os resultados do teste de comparação antes e após limpeza das médias por terço são estatisticamente não significativos (ns). O que quer dizer que se deve aceitar a hipótese de os dados, a 65km/h, dos mínimos das médias móveis por terço antes e após uma campanha de limpeza se correlacionarem e que se deve rejeitar a hipótese de os dados, a 65km/h, das médias por terço antes e após uma campanha de limpeza se correlacionarem.

Pearson				
Variáveis comparadas		Dados de atrito	Estatística	P
MMMin65 Antes	MMMin65 Após	Valores	0,8739872	0,0002018
M65 Antes	M65 Após	Valores	0,1488076	0,6444000

Figura 67 – Correlação de Pearson, atrito antes e após limpeza, a 65km/h

Conforme o observável na Figura 67, relativa ao Teste de Pearson a 65km/h, as conclusões referentes à correlação dos dados antes e após limpeza, dos valores de mínimos das médias móveis por terço e das médias por terço, a 65km/h, que se obtêm com o teste de Pearson são exatamente as mesmas que se obtêm com o teste de Spearman.

Para concluir, deve aceitar-se a hipótese da existência de uma correlação positiva entre os dados obtidos com as médias móveis por terço, a 65km/h, antes e após limpeza da pista e rejeitar-se a hipótese da existência de uma correlação positiva entre os dados obtidos com as médias por terço a 65km/h, antes e após limpeza da pista. Que é o mesmo que dizer que se

deve aceitar a H4 para os resultados dos mínimos das médias móveis e rejeitar a H4 para os resultados das médias.

Muito embora se possam utilizar as retas de regressão linear para prever resultados de eficácia de campanhas de limpeza, deve atentar-se ao facto do traçado das mesmas ter sido realizado com uma amostra muito pequena (apenas 4 casos) e por isso não ter a força suficiente para que se possa generalizar a sua aplicação.

6.3.5 H5

“**H5** - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 95km/hora.”

Para validar a Hipótese 5, o que se fez foi comparar os resultados obtidos, a 95km/h, antes e após a realização de campanhas de limpeza da pista.

Face ao reduzido tamanho da amostra para testar esta hipótese, apenas com 3 casos onde foram recolhidos dados de avaliações efetuadas a 95km/h, antes e após a realização de uma campanha de limpeza da pista, recorreu-se a mais do que um teste, não paramétricos, para a validação da mesma. Foram realizados os estudos da correlação existentes entre os dados obtidos antes da campanha de limpeza e os dados obtidos após a campanha de limpeza, recorrendo aos testes de Spearman e de Pearson.

Spearman				
Variáveis comparadas		Dados de atrito	Estatística	P
MMMin95 Antes	MMMin95 Após	Valores	0,7	0,0432500
M95 Antes	M95 Após	Valores	0,9487526	0,0000954

Figura 68 – Correlação de Spearman, atrito antes e após limpeza, a 95km/h

Conforme observável na Figura 68, relativa ao Teste de Spearman a 95km/h, os valores de “p” referentes às comparações dos mínimos das médias móveis por terço, antes e após limpeza, são inferiores a 0,05, mas superiores a 0,01 e os valores de “p” referentes às comparações das médias por terço, antes e após limpeza, inferiores a 0,001. Assim, segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, a 95km/h, os resultados do

teste de comparação antes e após limpeza dos mínimos das médias móveis por terço são estatisticamente significativos (*) e os resultados do teste de comparação antes e após limpeza das médias por terço são estatisticamente extremamente significativos (***). O que quer dizer que deve aceitar-se a hipótese de os dados, a 95km/h, antes e após uma campanha de limpeza, se correlacionarem, quer quando analisados os mínimos das médias móveis por terço, quer quando analisadas as médias por terço.

Pearson				
Variáveis comparadas		Dados de atrito	Estatística	P
MMMin95 Antes	MMMin95 Após	Valores	0,8083763	0,0083620
M95 Antes	M95 Após	Valores	0,8899475	0,0013050

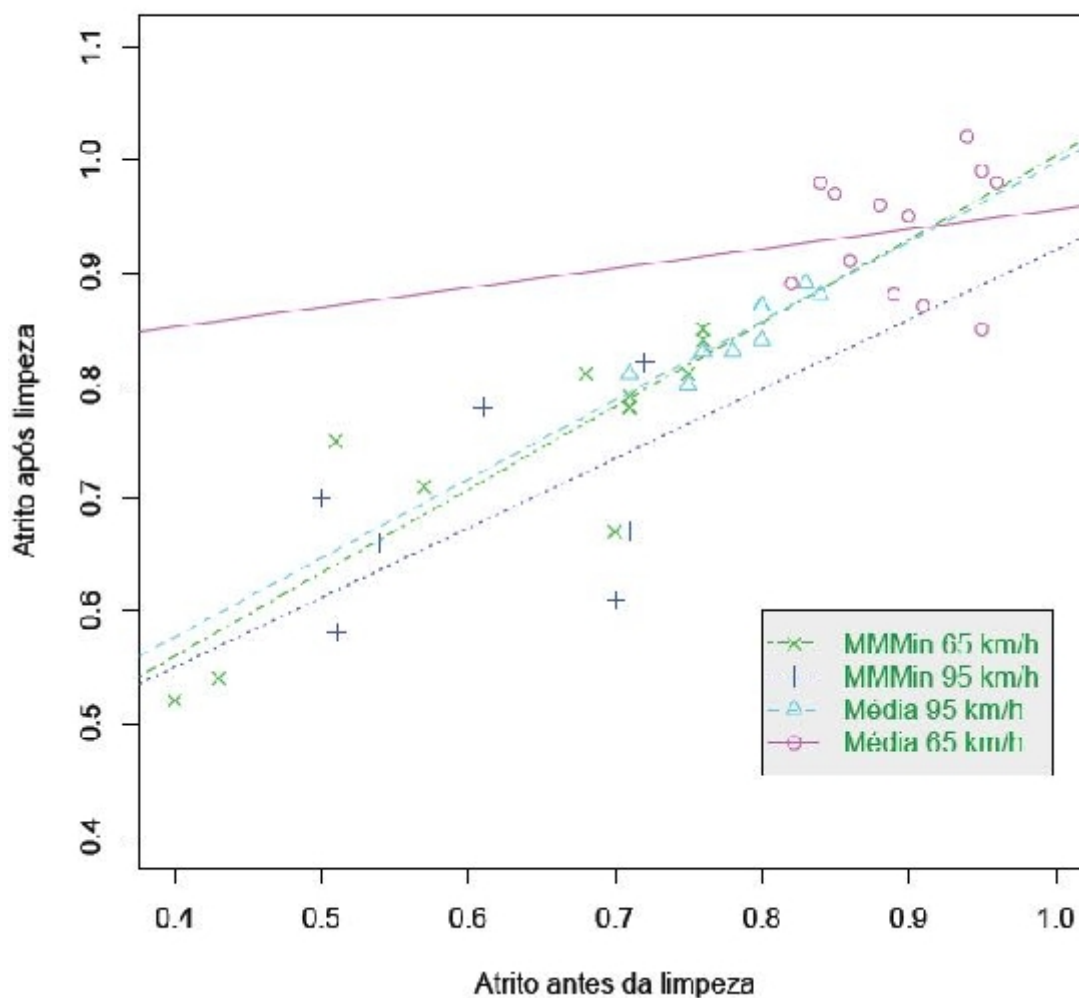
Figura 69 – Correlação de Pearson, atrito antes e após limpeza, a 95km/h

Conforme observável na Figura 69, relativa ao Teste de Pearson a 95km/h, os valores de “p” referentes às comparações dos valores, antes e após limpeza, são inferiores a 0,01, mas superiores a 0,001, quer para os mínimos das médias móveis por terço, quer para as médias por terço. Assim, segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, os resultados do teste de comparação antes e após limpeza, a 95km/h, são estatisticamente muito significativos (**). O que quer dizer que deve aceitar-se a hipótese de os dados, a 95km/h, antes e após uma campanha de limpeza, se correlacionarem, quer quando analisados os mínimos das médias móveis por terço, quer quando analisadas as médias por terço.

Para concluir, deve aceitar-se a hipótese da existência de uma correlação positiva entre os dados, a 95km/h, antes e após limpeza da pista, quer para os mínimos das médias móveis por terço, quer para as médias por terço. Que é o mesmo que dizer que se deve aceitar a H5 independentemente do método de classificação utilizado, mínimo das médias móveis por terço ou média por terço.

Para além dos testes de Spearman e de Pearson, complementarmente, e visando a possibilidade de poder prever o comportamento das pistas após a realização de uma campanha de limpeza, foi utilizado o Teste paramétrico de regressão linear. Este teste permite a obtenção de uma reta de correlação entre os valores de atrito antes e após campanhas de limpeza, através da qual se pode observar graficamente essa correlação e ainda estimar qual o

valor do atrito após a limpeza quando conhecido o valor de atrito antes da limpeza. Assim, foram calculadas as regressões lineares, quer para valores, quer para intervalos de classificação de atrito, para 65km/h e para 95km/h donde se obtiveram as 4 retas de regressão, que se representam na Figura 70.



$MMM65Apos = 0.26381 + 0.73918 * MMM65Antes$	R^2 0,7402	p 0,0002018	99,98%
$MMM95Apos = 0.30310 + 0.61662 * MMM95Antes$	R^2 0,6040	p 0,0083620	99,16%
$M95Apos = 0.2961 + 0.7008 * M95Antes$	R^2 0,7623	p 0,0013050	99,87%
$M65Apos = 0.7824 + 0.1731 * M65Antes$	R^2 -0,0756	p 0,6444000	35,56%

Figura 70 – Regressão linear, atrito antes e após limpeza, a ambas as velocidades

As regressões lineares, dos dados dos mínimos das médias móveis por terço, são, segundo a Tabela 14, estatisticamente extremamente significativa (***) a 65km/h e estatisticamente

muito significativas (**) a 95km/h. Quanto às regressões lineares dos dados das médias por terço, a 95km/h a mesma é estatisticamente muito significativa (**), a 65km/h a mesma é estatisticamente não significativa (ns). Que é o mesmo que dizer que se podem usar as retas de regressão linear para correlacionar os dados antes e após uma campanha de limpeza, relativos aos mínimos das médias móveis, para ambas as velocidades e para correlacionar os dados antes e após uma campanha de limpeza, relativos às médias móveis, a 95km/h. Não se devendo utilizar a reta de regressão linear para correlacionar os dados, antes e após uma campanha de limpeza, dos valores médios por terço a 65km/h.

Muito embora se possam utilizar as retas de regressão linear para prever resultados de eficácia de campanhas de limpeza, deve atentar-se ao facto do traçado das mesmas ter sido realizado com uma amostra muito pequena (apenas 3 casos) e por isso não ter a força suficiente para que se possa generalizar a sua aplicação.

6.3.6 H4+H5

Relativamente às Hipóteses 4 e 5, como quando analisadas separadamente o tamanho da amostra é muito pequeno, optou-se por efetuar também uma análise dos dados conjuntamente, porque para o estudo é importante validar a hipótese de que há realmente uma diferença entre os resultados do atrito antes das campanhas de limpeza e depois das campanhas de limpeza, quer quando considerados os resultados das avaliações do atrito a 65km/h, quer quando considerados os resultados das avaliações do atrito a 95km/h, quer também quando analisados os valores independentemente da velocidade a que se realizam os ensaios. O realmente importante é concluir sobre a importância da realização de campanhas de limpeza das pistas, na medida em que as mesmas influenciam os valores do atrito, tão determinantes para a garantia da segurança das operações.

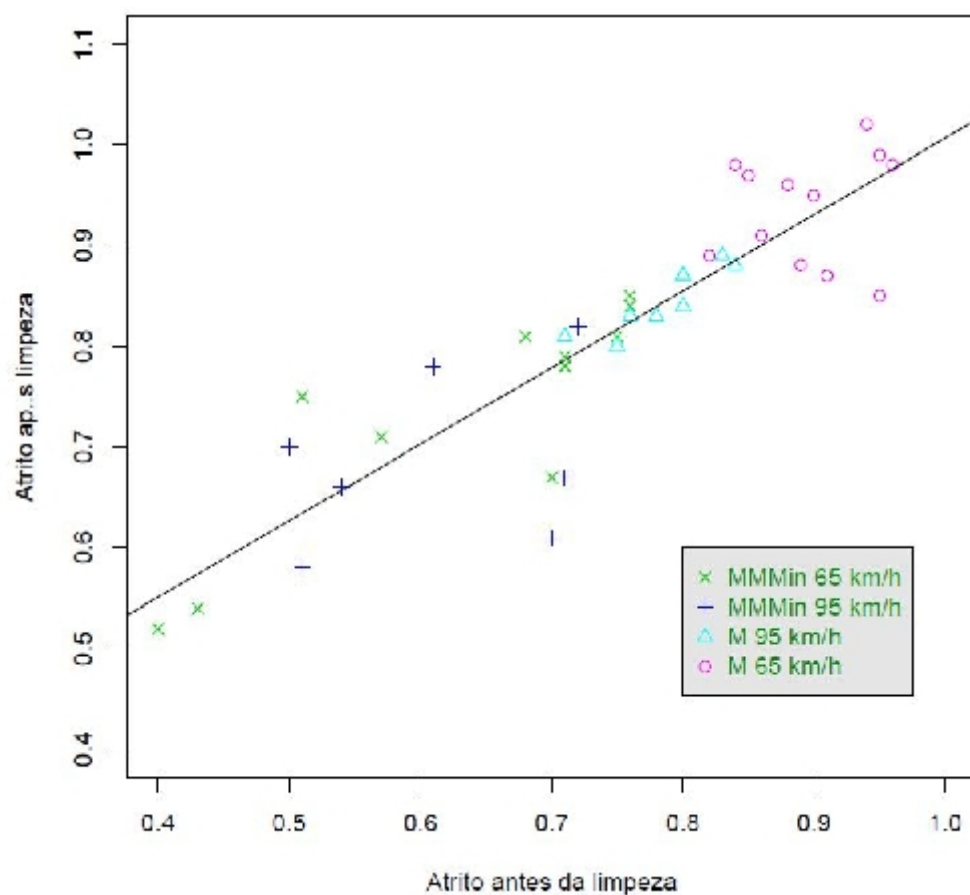
Assim, foram utilizados testes de Spearman, para a análise da correlação entre os valores do atrito, antes e após campanhas de limpeza, independentemente da velocidade.

	Pista	Data	Spearman	
			Estatística	P
			Rho	
Faro*	10/28	Abr 2010	0.980737	1,01E-05
	10/28	Fev 2012		
Lisboa	03/21	Out 2011	0.937063	2.2E-16
	03/21	Fev 2012		
	17/35	Out 2011	0.7537023	0.04176
	17/35	Fev 2012		
Porto**	17/35	Dez 2011	0.9029303	2,88E-02
	17/35	Mar 2012		

Figura 71 – Teste de Spearman, atrito antes e após limpeza, a ambas as velocidades

Da observação da Figura 71, relativa ao Teste de Spearman, os valores de “p” referentes às comparações de todos os valores, antes e após limpeza, são no mínimo, inferiores a 0,05 e geralmente inferiores a 0,001. Assim, segundo o disposto na Tabela 14 sobre os graus de significância dos testes, os resultados do teste de comparação antes e após limpeza, são no mínimo, estatisticamente significativos (*), mas quase sempre estatisticamente extremamente significativos (***). O que quer dizer que se deve aceitar a hipótese de que os dados antes e após uma campanha de limpeza, se correlacionarem.

Complementarmente também foi utilizado o teste paramétrico de regressão linear, cuja representação e reta de regressão são os apresentados na Figura 72.



Atrito após limpeza = $0,24762 + 0,75898 * \text{Atrito antes limpeza}$ R^2 0,8402 p <2,2e-16 100,00%

Figura 72 – Regressão linear, atrito antes e após limpeza, todos os dados

A regressão linear, dos dados independentemente da velocidade do ensaio é, segundo a Tabela 14, estatisticamente extremamente significativa (***) . Que é o mesmo que dizer que se pode usar a reta de regressão linear para correlacionar os dados antes e após uma campanha de limpeza, independentemente da velocidade do ensaio: 65km/h ou 95km/h, ou da metodologia de classificação do atrito: mínimo das médias móveis por terço ou média por terço. Neste caso, muito embora o número de casos que permitiram traçar a reta de regressão linear, seja superior aos dos números de caso quando estudadas, cada uma das velocidades, e por isso a força da correlação seja superior, as conclusões dos resultados da utilização da reta de regressão para estimar a eficácia de campanhas de limpeza deverão ser observadas com parcimónia.

6.4 Previsão de resultados

Com base nos resultados de significância obtidos para as retas de regressão linear, destinadas a correlacionar valores de atrito, antes e após a realização de campanhas de limpeza, referentes aos mínimos das médias móveis por terço, para ambas as velocidades de ensaios praticadas, 65km/h e 95km/h, optou-se pela sua utilização para estimar a eficácia de uma limpeza nas pistas que apresentam valores de atrito inferiores ao mínimo e que por isso constituem um foco de preocupação. Assim, foram usadas as retas de regressão para estimar os potenciais valores de atrito, em termos de mínimos de médias móveis por terço, das seguintes pistas:

- Pista 10/28 do Aeroporto de Faro;
- Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa;
- Pista 01L/19R da Base Aérea de Beja;
- Pista 01/19 da Base Aérea de Monte Real;
- Pista 01/19 da Base Aérea do Montijo.

A possível eficácia de uma campanha de limpeza da Pista 18/36 do Aeroporto do Porto Santo, muito embora também presente, nos resultados da última campanha, valores de atrito inferiores ao mínimo, não foi objeto de análise porque, face à gravidade da condição funcional da mesma, se considera, que não deve ser sequer equacionada a limpeza da pista, pois esta poderia contribuir para agravar a sua condição.

6.4.1 Pista 10/28 do Aeroporto de Faro

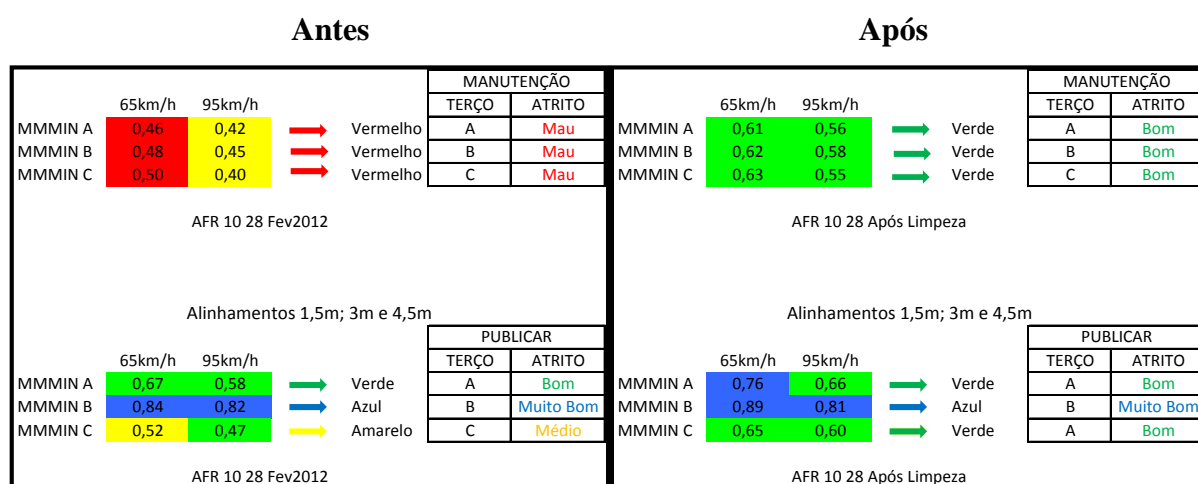


Figura 73 – Alterações do atrito da Pista 10/28 de Faro, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, para efeitos de manutenção, passem de Mau a Bom em todos os terço e que para efeitos de publicação, no primeiros dois terços se mantenham, nos patamares Bom e Muito Bom, respetivamente e no último terço passem de Médio a Bom.

6.4.2 Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa

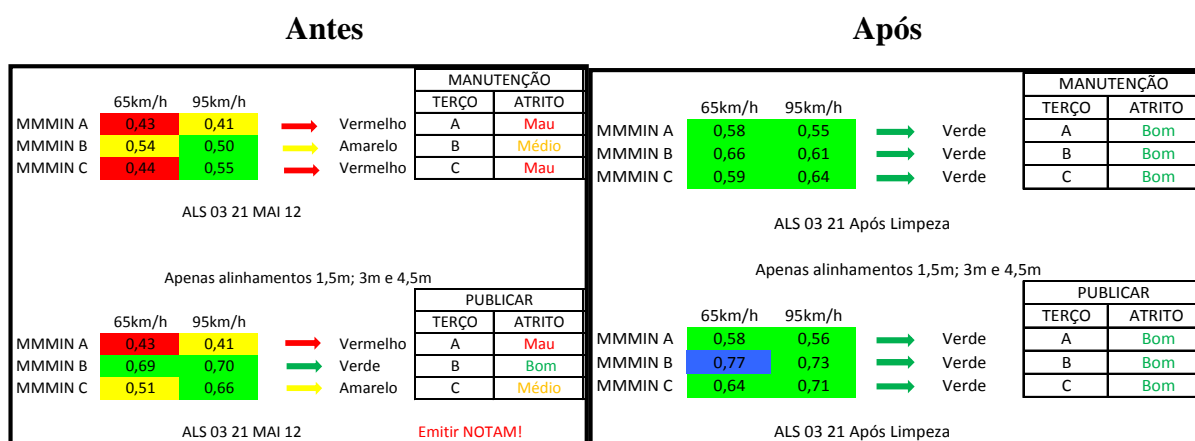


Figura 74 – Alterações do atrito da Pista 03/21 de Faro, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, para efeitos de manutenção, passem de Mau/Médio/Mau a Bom em todos os terços e que para efeitos de publicação, passem de Mau/Bom/Médio a Bom em todos os terços e a que deixe de ser necessária a emissão de NOTAM a informar que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

6.4.3 Pista 01L/19R da Base Aérea de Beja

Relativamente à pista 01L/19R, da Base Aérea n.º 11 em Beja, atendendo a que a mesma foi avaliada por duas entidades diferentes e que em ambas as avaliações se observaram valores de atrito por terço, inferiores ao mínimo as regressões lineares para estimar a eficácia de uma potencial campanha de limpeza foram aplicadas a ambas as avaliações.

Quanto à avaliação realizada pelo Laboratório do GEAF, espera-se que após uma campanha de limpeza a pista apresente, por terço os valores de atrito da Figura 75.

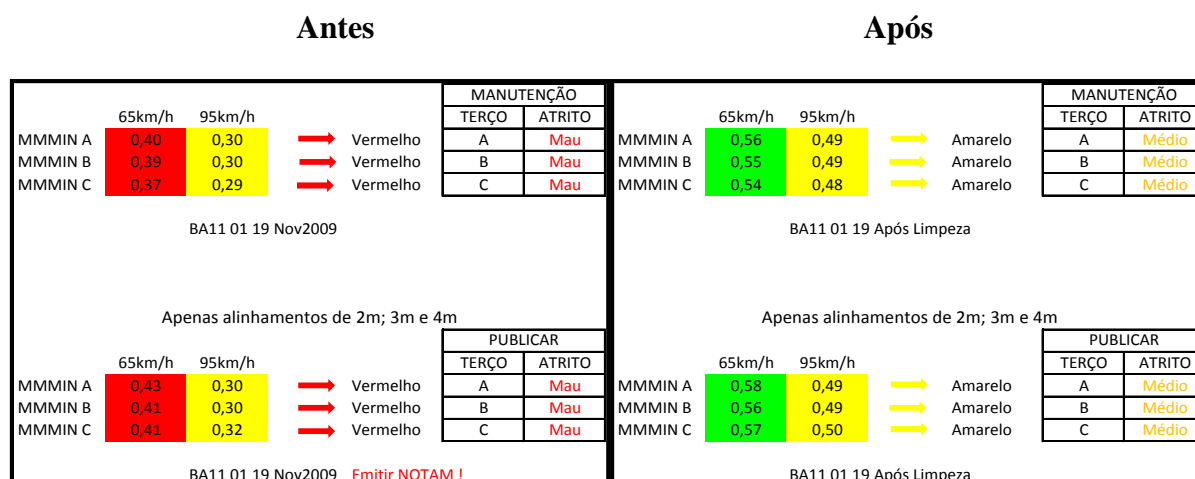


Figura 75 – Alterações do atrito da Pista 01L/19R da BA11, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, passem de Mau a Médio em todos os terços, quer para efeitos de manutenção, quer para efeitos de publicação e a que deixe de ser necessária a emissão de NOTAM a informar que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

Quanto à avaliação realizada pela DIA, espera-se que após uma campanha de limpeza a pista apresente, por terço os valores de atrito da Figura 76.

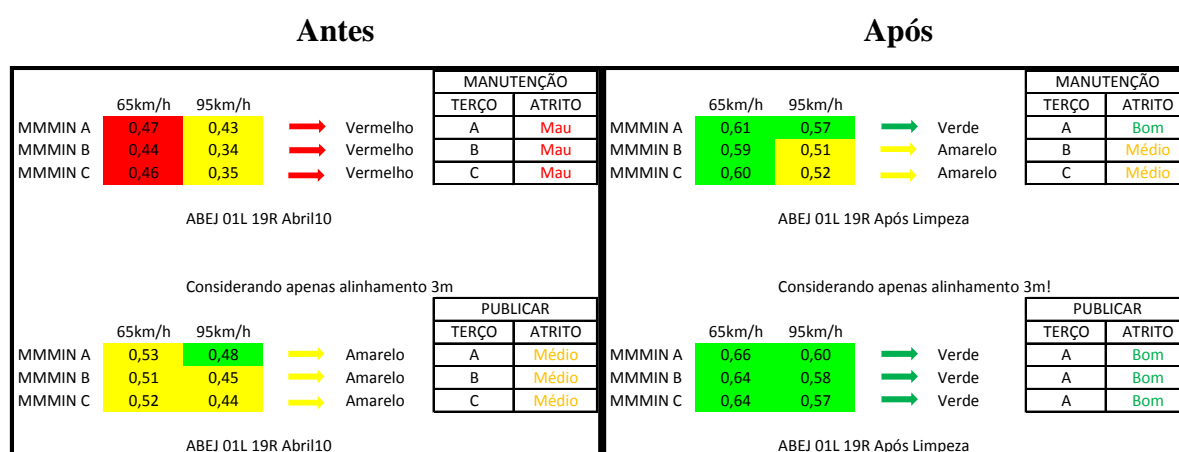


Figura 76 – Alterações do atrito da Pista 01L/19R de Beja, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, para efeitos de manutenção, passem de Mau em todos os terços a Bom/Médio e Médio, respetivamente e que para efeitos de publicação, passem de Médio a Bom em todos os terços.

6.4.4 Pista 01/19 da Base Aérea de Monte Real

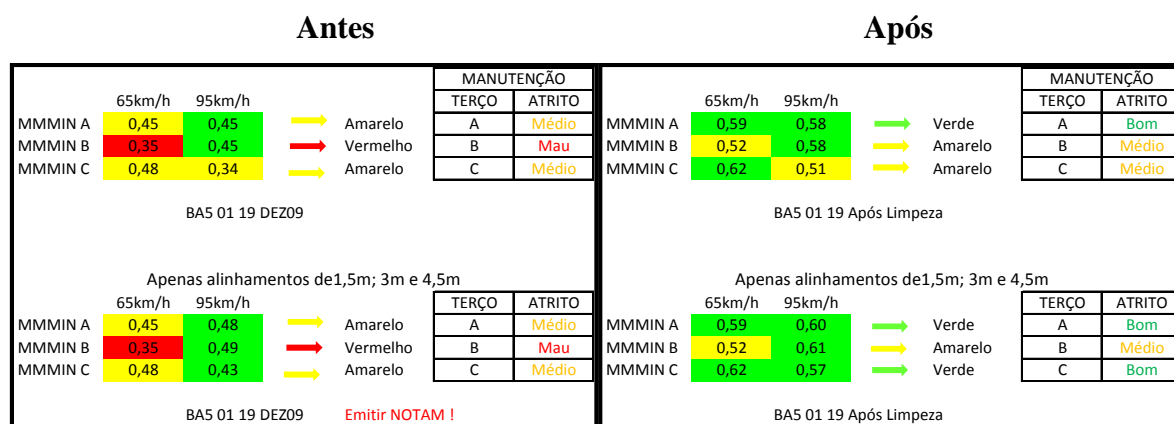


Figura 77 – Alterações do atrito da Pista 01/19 da BA5, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, para efeitos de manutenção, passem de Médio/Mau/Médio a Bom/Médio/Médio, respetivamente e que para efeitos de publicação, passem de Médio/Mau/Médio a Bom/Médio/Bom, respetivamente e que deixe de ser necessária a emissão de NOTAM a informar que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

6.4.5 Pista 01/19 da Base Aérea do Montijo

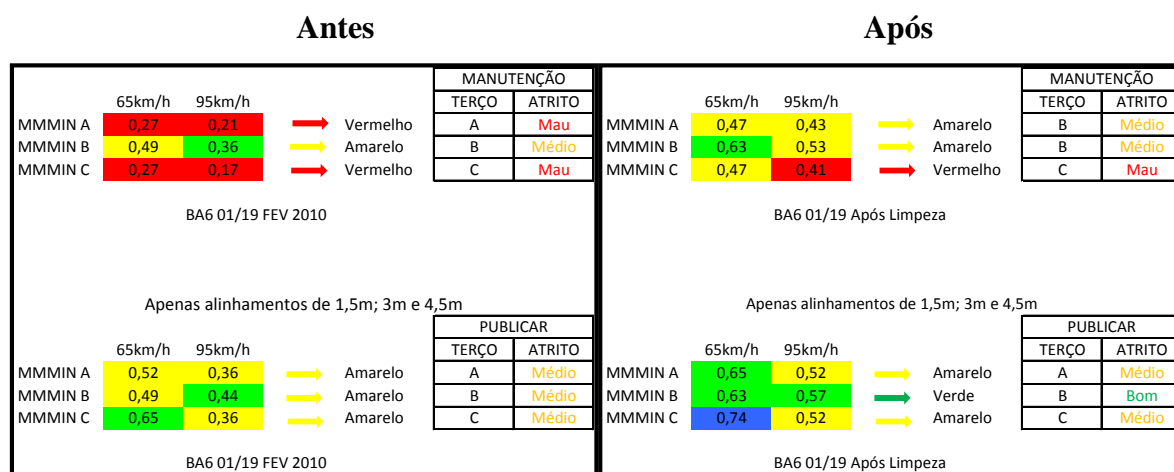


Figura 78 – Alterações do atrito da Pista 01/19 da BA6, esperados após a limpeza

Aplicando as retas de regressão linear, a 65km/h e a 95km/h, estima-se que os valores do atrito por terço, em termos de mínimos de médias móveis, para efeitos de manutenção, passem de Mau/Médio/Mau a Médio/Médio/Mau, respetivamente e que para efeitos de publicação, passem de Médio em todos os terços a Médio/Bom/Médio, respetivamente.

Assim, segundo a aplicação das retas de regressão linear, espera-se que as operações de limpeza, resolvam os problemas das pistas que nas últimas avaliações de atrito a que foram sujeitas, apresentaram valores de mínimo de média móvel por terço, inferiores ao valor mínimo, com exceção do último terço da Pista 01/19 da Base Aérea n.º6, no Montijo, cujo valor para efeitos de manutenção se mantém no patamar vermelho, atrito Mau. Estima-se que neste caso a campanha de limpeza possa não ser suficiente, e que possam ser necessárias outras medidas corretivas.

6.4.6 Pista 18/36 do Aeródromo de Manobra de Ovar, antes da limpeza

A pista 18/36 do Aeródromo de Manobra n.º1, em Ovar, apresentava, na última campanha de avaliação de atrito, realizada pelo Laboratório do GEAFa em abril de 2009, apontava para valores de atrito, na generalidade, Bons. Contudo, suspeitava-se, que antes de a pista ter sido limpa, pouco tempo antes da realização dessa campanha de avaliação do coeficiente de atrito, a mesma apresentasse uma condição de atrito bastante mais desfavorável, condição essa que poderá até eventualmente ter sido uma das causas dos incidentes ocorridos na pista no ano de 2008, não obstante a campanha de avaliação de atrito de 2008 dissesse que o atrito da pista era Bom. Pareceu então pertinente utilizar as retas de regressão linear para estimar quais os valores do coeficiente de atrito da pista antes da limpeza.

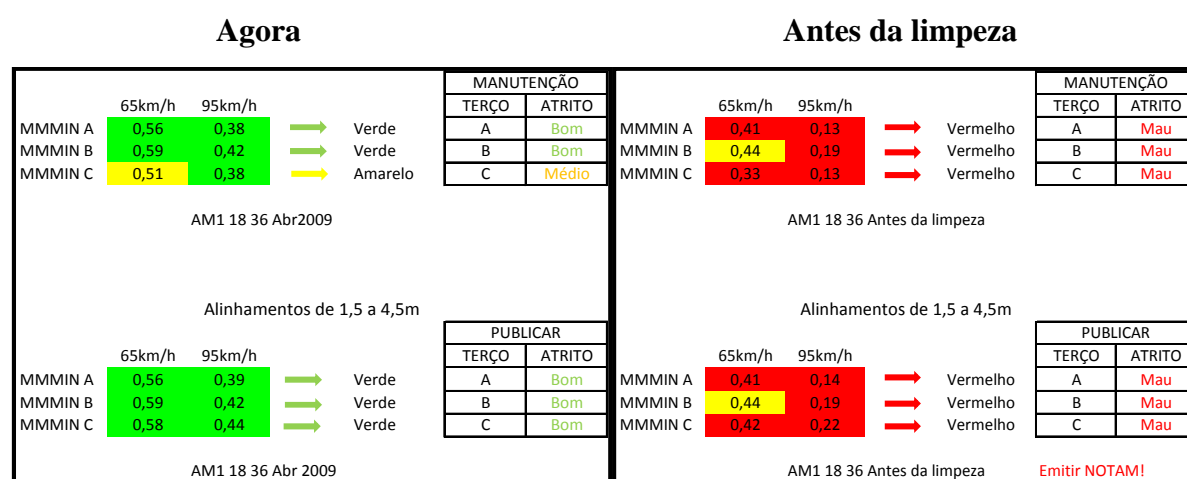


Figura 79 – Estimativas dos valores de atrito da Pista 18/36 do AM1 antes da limpeza

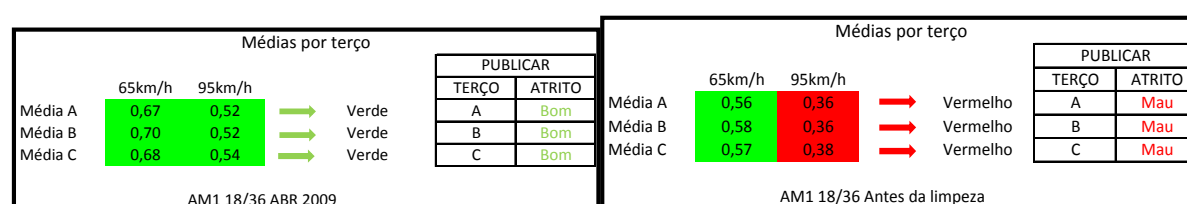


Figura 80 – Valores médios de atrito da Pista 18/36 do AM1 antes da limpeza

Da observação da Figura 79, referente às estimativas dos valores de mínimos de médias móveis de atrito por terço, que a Pista 18/36, do Aeródromo de Manobra n.º1, em Ovar teria antes da campanha de limpeza, depreende-se que, quer para efeitos de manutenção, quer para efeitos de publicação a mesma apresentasse valores de atrito Maus em todos os terços. O que corrobora a hipótese de que na altura em que se deram os incidentes na pista, a mesma tivesse efetivamente problemas relacionados com o atrito, e que as publicações sobre o parâmetro dessa data ou não estavam corretas ou não eram adequadas, visto não refletirem a realidade. Quando observada a Figura 80, constata-se que quando analisados os valores em termos de médias por terço, os mesmos, a 65km/h estão no espectro dos valores da campanha de avaliação que foi realizada nessa altura (os valores publicados estariam corretos), e que conduzia à classificação do atrito como Bom, contudo, tal não aconteceria caso se tivesse avaliado o atrito a 95km/h, o que valida a suposição de que as publicações não eram adequadas e reforça a necessidade de avaliar o atrito às duas velocidades, 65km/h e 95km/h.

Desta forma encontrou-se a explicação que se procurava sobre os acontecimentos na pista de Ovar, que deram origem ao desenvolvimento deste estudo de investigação, conforme referido em 2.2. Esta explicação também corrobora as conclusões de um estudo que foi realizado em paralelo com este, para dar uma resposta imediata ao problema, ainda que de uma forma preliminar. Essas conclusões (ver Anexo E, pág 579) também já apontavam para a aceitação de que antes da limpeza a pista teria valores de atrito inferiores ao mínimo.

6.5 Ilacões

Da aplicação da metodologia de avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos proposta, aos casos de estudo, observou-se que os fatores mais determinantes para a segurança das operações são o atrito e a limpeza das pistas.

O atrito, que não é uma variável exclusivamente do pavimento, na medida em que traduz uma relação pneu/pavimento na qual podem interferir substâncias que possam estar entre estas duas, como é o caso da presença de água ou de contaminação com outra qualquer substância como é o caso da borracha, é muito importante que seja mantido acima dos mínimos, para assegurar o desenvolvimento das operações com segurança. Para isso não basta conservar e limpar os pavimentos é necessário avaliá-los, respeitar as periodicidades das avaliações e depois é fundamental que se publiquem oportunamente informações corretas sobre o mesmo.

Como conclusão dos casos estudados, em complemento ao que a EASA¹³² defende, será importante distinguir as avaliações de atrito em função da sua finalidade: a operacional, que se destina a publicação em sede de informação aeronáutica a toda a comunidade e a funcional, cujas avaliações de atrito se destinam à manutenção dos pavimentos aeronáuticos. As presentes diretrizes de avaliação funcional, para além de se destinarem ao planeamento das atividades a desenvolver para garantir as condições dos pavimentos aeronáuticos, irão permitir, conjuntamente com a definição do estado do pavimento relativamente a contaminantes, para a caracterização operacional, a fornecer aos utilizadores. Refira-se que para efeitos de avaliação funcional, destinados à manutenção, a análise dos valores do coeficiente de atrito medido em contínuo deverá contemplar o cálculo do valor mínimo das médias móveis por terço de todos os alinhamentos avaliados. Para efeitos de avaliação operacional, destinados a publicação, a análise dos valores do coeficiente de atrito medido em contínuo deverá contemplar o cálculo do valor mínimo das médias móveis por terço apenas dos alinhamentos centrais, com exceção do valor do eixo, devido a ser nestes alinhamentos que o trem principal mais incide. Note-se que se retira o valor do eixo, uma vez que este normalmente não é representativo da maioria dos valores observados na faixa central, em virtude de ter uma grande percentagem de área pintada. A sua consideração no cálculo do valor mínimo das médias móveis por terço, uma vez que se escolhe o menor dos valores observados, iria deturpar a perceção das reais condições da pista por parte dos seus utilizadores e potencialmente resultar num impacto desfavorável nas operações. As avaliações deverão ser realizadas a duas velocidades: 65km/h e 95km/h, porque as classificações provenientes de uma ou de outra avaliação, muitas vezes não são coincidentes, e a sua distinção aumenta a possibilidade de detetar problemas, que eventualmente as pistas possam ter.

Outra conclusão relativa à avaliação operacional reside na ênfase da importância da uniformização da publicação relativamente ao atrito conforme se propõe. Esta uniformização permite que o utilizador tenha uma perceção sobre o atrito por terço de pista, independentemente de qual tenha sido o equipamento de avaliação. Para além desta informação os pilotos também deverão ter informação sobre o estado da pista, principalmente relativamente à presença de contaminantes tais como água e borracha na pista.

¹³² EASA, RuFAB, 2010

Ainda relativamente à contaminação concluiu-se com a realização do presente estudo que a mesma afeta os valores dos coeficientes de atrito quando efetuados os ensaios de avaliação do parâmetro em contínuo a 65km/h, e também nos ensaios realizados à velocidade de 95km/h, uma vez que foram validadas quer a Hipótese 4, quer a Hipótese 5. Esta conclusão repercute-se na magnitude do impacto da contaminação na segurança de operação das pistas, na medida em que ao constatar-se a sua influência nos valores de velocidade mais elevada, conclui-se que também é um fator a atentar nos intervalos de velocidade praticados pelas aeronaves durante as manobras de aterragem e descolagem nas/das pistas.

As avaliações pontuais do atrito e da textura servem como complemento à avaliação do atrito em contínuo, e por isso não deverão ser obrigatórias. Assim, muito embora se tenha imposto que as mesmas se fizessem em determinados momentos, face aos resultados dos casos estudados, conclui-se que estes parâmetros são de segunda ordem de importância para a segurança operacional, pelo que a sua realização deve ser de carácter opcional. O operador deverá realizá-las sempre que entenda necessário. Para efeitos de confirmação da adequação dos critérios de dimensionamento admite-se que o regulador determine a obrigatoriedade destes ensaios (Pêndulo Britânico e Técnica Volumétrica da Mancha) antes da entrada em serviço e após obras que envolvam a repavimentação da pista.

Outra correção às diretrizes inicialmente propostas consiste na subdivisão da pista para efeitos de Levantamento Visual Contínuo. Inicialmente propunha-se a subdivisão da pista em troços de 300, depois de realizado um LVC *in situ* concluiu-se que caso o pavimento não seja diferente, em termos de constituição, à velocidade que o mesmo se realiza, não é possível perceber as diferenças em troços de 300m. Assim, o que se propõe é que se avalie a pista na sua totalidade ou se faça apenas distinção no caso da mesma ser constituída por pavimentos diferentes.

A irregularidade, muito embora seja um fator de terceira ordem, na medida em que se relaciona, a estes níveis, muito mais com o conforto do que com a segurança das operações, é um parâmetro a incluir nas campanhas de avaliação funcional. E referem-se “estes níveis”, aos níveis de exigência das características geométricas dos pavimentos aeronáuticos, as quais são extremamente exigentes e por isso não permitem grandes margens de irregularidade. Contudo, é necessário que se garanta que os valores máximos de irregularidade, definidos pela ICAO, não sejam ultrapassados e por isso a avaliação deste parâmetro impõe-se.

Durante o presente estudo, dos casos em que foi possível o cálculo do IFI por existirem valores de parâmetro que permitem o seu cálculo, tais como: valores de MTD e valores de PTV ou valores de atrito a 65km/h obtidos com o *Griptester*, conclui-se que conhecer o mesmo não apresenta grande benefício em termos de segurança, uma vez que este índice aponta geralmente para classificações superiores às que as pistas têm em termos de atrito. Nos casos das avaliações da pista de Beja e de Ovar realizadas pelo Laboratório do GEAF, foi possível calcular este índice. No caso de Beja observa-se que enquanto as classificações do atrito resultam num patamar vermelho, atrito Mau, a classificação do IFI está entre o Bom e o Ótimo, sendo que os valores de IFI obtidos com o BPN são superiores aos obtidos com os resultados de atrito do *Griptester* a 65km/h. No caso de Ovar observa-se que as classificações do atrito resultam num patamar verde, atrito Bom, e que a classificação do IFI está entre o Bom e o Ótimo, sendo que os valores de IFI obtidos com o BPN são inferiores aos obtidos com os resultados de atrito do *Griptester* a 65km/h. A análise destes dois casos não permite, portanto, tirar grandes conclusões quanto à pertinência da determinação deste índice nem quanto à sua necessidade.

O PCI, não obstante a utilidade que oferece no caso da manutenção dos pavimentos aeronáuticos, pouco se relaciona com a *safety*. Da observação no Anexo F constata-se que há situações em que o atrito é Mau e o PCI é Bom. Por exemplo, a Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa tem um PCI entre Bom e Excelente e uma classificação de atrito entre Médio e Mau. A Pista 10/28 do Aeroporto de Faro tem um PCI entre Razoável e Excelente, com preponderância para o Bom (51% da pista) e a classificação do atrito está entre o Médio e o Mau com preponderância para o Mau. Pelo contrário, a Pista 18/36 do Aeroporto de Santa Maria, tem na sua maioria um PCI Muito Pobre (58% da pista) e a classificação de atrito Bom. Assim, a determinação do PCI deverá ser excluída do âmbito das diretrizes de avaliação funcional a propor pelo regulador nacional.

6.6 Diretrizes para avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos

Finda a aplicação das diretrizes de avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos aos casos de estudo e às conclusões daí retiradas, resultou a necessidade de proceder a alguns ajustes às diretrizes. Daí resulta o conjunto de diretrizes que o regulador deverá implementar, impondo a sua aplicação prática pelos operadores dos aeroportos nacionais e que a Força Aérea também deverá aplicar às suas bases aéreas. Estas diretrizes, que visam fundamentalmente garantir um pavimento em boas condições funcionais e por isso mais seguro para a operação, constituem

uma proposta de transposição para legislação nacional de alguns normativos internacionalmente impostos mas também contemplam a adaptação dos mesmos às condições dos aeroportos e bases aéreas portuguesas, bem como o detalhe e o esclarecimento de alguns pontos onde a regulamentação internacional é vaga ou omissa, com a finalidade de proceder a uma harmonização de procedimentos a adotar ao longo das campanhas de avaliação funcional dos pavimentos das principais infraestruturas aeronáuticas do país. Procedeu-se à condensação dessas diretrizes numa separata que poderá ser extraída da tese pelo regulador para que posteriormente a sua aplicação seja divulgada e exigida aos aeroportos. A separata foi remetida para o Anexo H.

7 CONCLUSÕES

7.1 Informações obtidas

O desenvolvimento deste estudo permitiu: (1) a justificação da pertinência e necessidade do estudo; (2) a definição da importância e a forma de realização de diagnósticos dos pavimentos aeronáuticos; (3) o inventário e a classificação das principais patologias dos pavimentos aeronáuticos, rígidos e flexíveis; (4) a definição e caracterização dos parâmetros fundamentais para avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos: coeficiente de atrito; textura; irregularidade e contaminação, passando pela aplicação das metodologias de medição e de avaliação de cada um desses parâmetros fundamentais. Procedeu-se à aplicação das diretrizes preconizadas para a avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos a toda a população de aeroportos, aeródromos e bases aéreas que procedem regularmente à avaliação do coeficiente de atrito das suas pistas, num total de 16 pistas. A metodologia de cada estudo de caso passou por processos de diagnóstico e caracterização dos parâmetros fundamentais e comparação com os valores de referência propostos, para que se pudesse averiguar a adequabilidade e pertinência da metodologia de aplicação proposta e confirmar os valores de referência.

7.2 Concretização dos objetivos

Devido à importância social e económica subjacente à segurança aeronáutica o objetivo fulcral deste trabalho é a contribuição para a maximização da segurança aeronáutica através da diminuição da probabilidade de ocorrência do fenómeno de *runway excursion* consubstanciado pela conceção de diretrizes para a avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos. Estas diretrizes visam a obtenção de um padrão nacional para a avaliação da condição da pista, visam a possibilidade de proporcionar informações de voo corretas, precisas e atualizadas sobre a condição da pista e ainda a melhoria da condição funcional da pista em si mesma.

Eram objetivos específicos deste trabalho:

- Comparar dois métodos de classificação do coeficiente de atrito: um em função do cálculo do valor médio por terço, outro em função do cálculo do valor mínimo da média móvel por terço, tendo em vista identificar qual o mais conservativo, isto é, aquele que mais favorece a segurança das operações das aeronaves na pista;
- Identificar a interação entre a contaminação da pista e os valores obtidos nas avaliações do coeficiente de atrito a duas velocidades diferentes: 65 e 95km/h.

A concretização do primeiro objetivo foi obtida a partir do teste de três hipóteses:

H1 - As classificações do coeficiente de atrito obtidas a partir dos valores calculados pelos dois métodos: cálculo em função do valor médio por terço e cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço, são diferentes.

H2 – A classificação do atrito com base no método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço é mais conservativa que a classificação do atrito com base no método de cálculo em função do valor médio por terço.

H3 - O método de cálculo em função dos valores mínimos das médias móveis por terço permite a identificação de troços de 100m ou mais cujo valor de atrito é inferior ao valor mínimo admissível.

A concretização do segundo objetivo foi obtida a partir do teste de duas hipóteses:

H4 - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 65km/hora.

H5 - Existe correlação positiva entre a contaminação da pista e a avaliação do atrito obtida à velocidade de 95km/hora.

Na sequência dos procedimentos estatísticos descritos, os testes de hipóteses realizados para avaliar a relação entre as variáveis permitiram constatar que os resultados se orientaram para a confirmação de todas as hipóteses e ainda para a confirmação da conjugação da Hipótese 4 com a Hipótese 5. Confirmadas as hipóteses foi possível a concretização dos objetivos, a comparação de dois métodos de classificação do atrito com a identificação do mais conservativo e a identificação da relação entre as classificações do atrito decorrentes da sua avaliação a duas velocidades, 65 e 95km/h, antes e depois de campanhas de limpeza das pistas.

7.3 Contributos para o conhecimento

A proposta das presentes diretrizes, no que ao coeficiente de atrito diz respeito, sobre a sua avaliação e publicações associadas, implica a utilização de procedimentos já conhecidos e aplicados noutros países se bem que através de uma abordagem sensivelmente diferente, com algumas particularidades, que se constituem como novas provas para a sustentação de teorias já conhecidas, abordadas com um maior detalhe, com uma interpretação inovadora e aplicável ao panorama nacional. Mais especificamente as propostas de avaliação a utilizar para as duas finalidades distintas, uma para efeitos operacionais e outra para efeitos funcionais/manutenção, corroboram a pertinência da distinção das avaliações de acordo com as diferentes finalidades sustentada por outras entidades e conferem novos contributos relativamente à proposta de classificação/publicação para cada uma dessas finalidades. Relativamente à classificação propõe a adoção de uma metodologia já estudada noutro país que envolve o conceito da média móvel por terço, aqui com a fixação do valor do atrito por terço no valor mínimo das médias móveis desse terço obtido em alinhamentos específicos também determinados conforme a finalidade da avaliação. Relativamente à publicação, para efeitos de operação o estudo construiu e propõe uma escala qualitativa. Para efeitos de manutenção mantém a escala quantitativa. Considera-se que a classificação do atrito nos moldes ora propostos é mais conservativa e portanto mais favorecedora da segurança operacional. Estes são contributos originais da responsabilidade do autor, o que também se verifica relativamente à constatação referente à relação encontrada entre a contaminação e a avaliação de atrito a velocidades mais elevadas. Esta relação conclui que a contaminação também afeta os valores de atrito quando medidos a velocidades mais elevadas o que conduz ao alargamento da magnitude da importância desta variável, na medida em que se aproximam das gamas de velocidade de operação. Também se considera inovadora a estratificação, por ordem de importância, dos fatores que contribuem para oferecer um pavimento seguro para a operação.

Destaca-se ainda a aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso, com o propósito de validação das mesmas constituir um trabalho empírico nunca antes realizado, neste âmbito, no nosso país do qual resultou uma síntese que contribui para o conhecimento da condição funcional dos pavimentos das pistas dos aeroportos e bases aéreas portuguesas até então inexistente.

7.4 Limitações do estudo

As conclusões do presente estudo aplicam-se a aeroportos e a bases aéreas, na generalidade não se aplicam a pequenos aeródromos. Na sua maioria os aeródromos portugueses (pequenos aeródromos) ainda não procedem com regularidade a campanhas de avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos das suas pistas pelo facto dos mesmos não estarem obrigados a cumprir as normativas internacionais. Assim, os mesmos não foram incluídos no presente estudo e por isso as conclusões deste estudo não lhe são aplicáveis.

As avaliações de atrito foram realizadas por dois equipamentos de avaliação de atrito em contínuo distintos: o *Griptester* e o ASFT, que são os equipamentos usualmente utilizados em Portugal, por isso as conclusões do presente estudo não se devem aplicar a avaliações de atrito realizadas com outros equipamentos de avaliação de atrito em contínuo.

O exercício realizado relativamente ao cálculo do IFI não permitiu a justificação da sua necessidade o que também se poderá dever ao reduzido número de aplicações experimentado, pelo que apenas se considerou como não obrigatório.

7.5 Estudos a desenvolver

Explorar as diferenças obtidas com equipamentos diferentes tendo em vista detetar qual o mais conservativo.

Trabalhar na hipótese dos resultados obtidos com o *Griptester* serem mais conservativos que os obtidos com o ASFT, conforme observado no reduzido número de casos em que a mesma pista foi avaliada pelos dois equipamentos.

Determinar, em posteriores dados resultantes de novas campanhas, o valor do IFI com o propósito de obter uma maior sensibilidade quanto aos contributos deste indicador.

Traçar programas ou diretrizes, para a elaboração de programas de manutenção preventiva dos pavimentos aeronáuticos.

7.6 Considerações finais

Face aos resultados encontrados julga-se recomendável proceder à regulamentação nacional sobre a avaliação funcional dos pavimentos aeronáuticos das pistas dos aeroportos, aeródromos e sempre que possível das bases aéreas, tendo em conta o estabelecimento das diretrizes propostas no Anexo H, que se passam a resumir:

- Obrigatoriedade de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo, a duas velocidades distintas: 65km/h e 95km/h;
- Distinguir as avaliações de atrito para efeitos operacionais das avaliações de atrito para efeitos de manutenção;
- Proceder à classificação do atrito por terços de pista, recorrendo à metodologia de cálculo dos mínimos das médias móveis;
- No caso das avaliações para efeito operacional, apresentar os resultados da classificação do atrito por terço de pista, numa escala qualitativa: Mau/Médio/Bom/Muito Bom, de acordo com o patamar de atrito a que cada mínimo de média móvel conduza;
- No caso das avaliações para efeito de manutenção, preservar a utilização dos valores obtidos através da metodologia de cálculo dos mínimos das médias móveis;
- Proceder ao planeamento das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e de remoção da borracha das pistas, de acordo com o número de movimentos que se realizam ou que se esperam realizar nas mesmas, de acordo com o programa proposto no Anexo C;
- Respeitar os prazos definidos para a realização de campanhas de avaliação de atrito e remoção de borracha e reajuste dos mesmos sempre que oportuno;
- Obrigatoriedade de avaliação da textura e do atrito pontual das pistas quando estas entram em serviço pela primeira vez ou quando são repavimentadas. Opcionalmente avaliar este parâmetro sempre que surjam dúvidas que justifiquem esta necessidade;
- Obrigatoriedade de avaliar a irregularidade das pistas de modo a garantir que se cumprem os limites definidos nas normativas internacionais.

As diretrizes para avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos, são uma proposta concreta, em parte inovadora, que permite romper com formas tradicionais de classificação de parâmetros fundamentais, para fazer face à mudança no sentido de promover uma maior segurança operacional nas pistas aeronáuticas portuguesas, respeitando contudo, as normativas internacionais.

Este trabalho perspectivou a relação Atrito/Contaminação/*Safety* como um triângulo de vértices bem definidos, onde de entre os parâmetros de caracterização funcional de pavimentos, o atrito desempenha um papel fundamental, que depende fortemente da contaminação da pista, sendo que em conjunto: atrito e contaminação, são determinantes para a segurança operacional: *Safety*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ ICAO ADM Part 3, 1983, pág. 3-204
- ² ICAO ADM Part 3, 1983, pág. 3-205
- ³ ICAO, A14, 2009
- ⁴ ICAO, ASM, Part 2, 2002
- ⁵ ICAO, ADM, Part 3, 1983
- ⁶ MTOPC, DL 55/2010, 2010
- ⁷ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1 a 10-5
- ⁸ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1
- ⁹ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1
- ¹⁰ ICAO, A14, 2009, pág. 10-2
- ¹¹ Almeida e Freire, 2000, pág. 20
- ¹² Fortin, 2000, pág. 178
- ¹³ Almeida e Freire, 2000, pág. 85
- ¹⁴ Matos, M. A., 1994
- ¹⁵ Stephans, R. A., 2004, pág. 3
- ¹⁶ Stephans, R. A., 2004, pág. 11
- ¹⁷ Stephans, R. A., 2004, pág. 27
- ¹⁸ MTOPC, DL 55/2010, 2010, pág. 1863
- ¹⁹ www.flightglobal.com, art. 14/03/2008, consultada a 24/08/2010
- ²⁰ ICAO, MPRI, 2007, pág. vii
- ²¹ <http://www.navcanada.ca/NavCanada.asp?Language=en&Content=ContentDefinitionFiles%5CRunwaySafety%5CRunwayExcursions%5Cdefault.xml> , consultada a 24/07/2010
- ²² http://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_TAM_3054#cite_note-12 , consultada a 05/08/2010
- ²³ IFALPA Artigo 09POS01, 2009
- ²⁴ FAA, AC 150/5200 – 30C, 2008, pág. 37
- ²⁵ NLR, 2005, pág. 19
- ²⁶ http://www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe, consultada a 24/07/10
- ²⁷ ICAO, A13, pág. 7-1
- ²⁸ FSF, 2009
- ²⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. A 6-1
- ³⁰ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-9
- ³¹ FAA et al, WRFMRWG, 1995
- ³² ASTM, 2010
- ³³ EASA - RuFAB, 2010, pág.2
- ³⁴ TC - CRFI – www.tc.gc.ca, consultada a 12/06/2012
- ³⁵ EASA, RuFAB, 2010
- ³⁶ ICAO, DRAFT
- ³⁷ FAA, 2007
- ³⁸ EASA, RuFAB, 2010
- ³⁹ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-11
- ⁴⁰ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-9
- ⁴¹ EP/IEP/JAE, 2005
- ⁴² ASTM, 2010
- ⁴³ Hall, J.W et al, 2009, pág. 19
- ⁴⁴ Hall, J.W et al, 2009, pág. 25
- ⁴⁵ Hall, J.W et al, 2009, pág. 24
- ⁴⁶ Hall, J.W et al, 2009, pág. 25
- ⁴⁷ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6

- ⁴⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6
- ⁴⁹ Rodrigues Filho, O.S., 2006, pág. 87
- ⁵⁰ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6
- ⁵¹ Gough, 1974, citado pela ICAO no ASM, Part 2, 2002, pág. 1-6
- ⁵² ICAO, A14, 2009, ponto 3.1.24, pág. 3-6
- ⁵³ ICAO, A14, 2009, ponto 10.2.6, pág. 10-2
- ⁵⁴ UKCAA - CAP 683, 2008, pág. 1 - Capítulo 2
- ⁵⁵ ICAO, ASM, Part 2, 2002
- ⁵⁶ ICAO, A14, 2009, ponto 10.2.6, pág. 10-2
- ⁵⁷ ICAO, A14, 2009, ponto 2.9.8, pág. 2-8
- ⁵⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-2
- ⁵⁹ ECS, 2003
- ⁶⁰ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-10
- ⁶¹ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-10
- ⁶² ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-64
- ⁶³ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-55
- ⁶⁴ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-54
- ⁶⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-55/56
- ⁶⁶ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 5-7
- ⁶⁷ ECS, 2003
- ⁶⁸ ECS, 2003
- ⁶⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-3
- ⁷⁰ UKCAA - CAP 683, 2008, pág. 2, Capítulo 4
- ⁷¹ ICAO, A14, 2009, pág. 10-2
- ⁷² EASA, 2011, Notice of Proposed Amendment, NPA 2011-20 (BII), pág. 175/176
- ⁷³ EASA, 2011, Notice of Proposed Amendment, NPA 2011-20 (BII), pág. 175/176
- ⁷⁴ Noyce, D.A., 2005, pág. 4
- ⁷⁵ Hall, J.W. et al, 2009, pág. 30
- ⁷⁶ Hall, J.W. et al, 2009, pág. 32
- ⁷⁷ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 3
- ⁷⁸ Neves, J., 2008
- ⁷⁹ ICAO, A14, 2009, ponto 3.1.25, pág. 3-7
- ⁸⁰ APS, M., 2006, pág. 125
- ⁸¹ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 23
- ⁸² ASTM, E 1960-98, 1998
- ⁸³ ECS, 2001
- ⁸⁴ ECS, 2001
- ⁸⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-10
- ⁸⁶ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-67 a A-69
- ⁸⁷ ABCP, 2003^a, pág. 5
- ⁸⁸ ICAO, ADM, Part 3, 1983, pág. 3-215
- ⁸⁹ FAA, AC 150/5320-12C, 1997, pág. 7
- ⁹⁰ ICAO, ADM, Part 3, 1983, pág. 3-215
- ⁹¹ APORBET, 1998, pág. 3
- ⁹² APORBET, 1998, pág. 6
- ⁹³ APORBET, 1998, pág. 58
- ⁹⁴ BCAGATO, 2002
- ⁹⁵ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1
- ⁹⁶ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6 e A-7
- ⁹⁷ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-10

- ⁹⁸ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6
- ⁹⁹ ICAO, A14, 2009, pág. ATT A-6
- ¹⁰⁰ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-7
- ¹⁰¹ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-57
- ¹⁰² EASA, 2011, NPA 2011-20 (BII), pág. 151/176
- ¹⁰³ ICAO, ASM, Part 8, 1983, pág. 17
- ¹⁰⁴ ICAO, A14, 2009, pág. 2-7
- ¹⁰⁵ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-6
- ¹⁰⁶ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 4-2 a 4-4
- ¹⁰⁷ ICAO, 2011, Proposal for the amendment of Annex 14, pág. A-8; A-9
- ¹⁰⁸ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-2
- ¹⁰⁹ ICAO, ASM, Part 2, 2002, pág. 3-3
- ¹¹⁰ ICAO, A14, 2009, pág. 10-1
- ¹¹¹ DeAngelis, 1990, pág. 15
- ¹¹² Ibidem
- ¹¹³ Ibidem
- ¹¹⁴ Fortin, 2000, pág. 103
- ¹¹⁵ DeAngelis, 1990, pág. 17
- ¹¹⁶ Fortin, 2000, pág. 102
- ¹¹⁷ Fortin, 2000, pág. 176
- ¹¹⁸ Fortin, 2000 pág. 211
- ¹¹⁹ Fortin, 2000, pág. 211
- ¹²⁰ Fortin, 2000, pág. 211
- ¹²¹ Quivy, R. e Campenhoudt, L.V., 2005, pág. 162
- ¹²² Cação, R., 2010, slide 12
- ¹²³ Hicks, C., 2006, pág. 104
- ¹²⁴ Hicks, C., 2006, pág. 102
- ¹²⁵ <http://www.R-project.org>, consultada a 19/07/2012
- ¹²⁶ ASTM, D 5340-11, 2011
- ¹²⁷ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011
- ¹²⁸ FAA, AC 150/5320-12C, 1997
- ¹²⁹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011
- ¹³⁰ ECS, EN 13036-1, 2001
- ¹³¹ ECS, EN 13036-5, 2006
- ¹³² EASA, RuFAB, 2010

BIBLIOGRAFIA

- [1] AASHTO, (2001) - AASHTO Guide for design of pavement structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., USA.
- [2] ABCP, (2003^a) – Práticas Recomendadas PR-3 Pavimento de Concreto – Texturização, Fascículos Colecionáveis; Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, Brasil. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAA4UAJ/texturizacao>
- [3] ABCP, (2003^b) – Práticas Recomendadas PR-5 Pavimento de Concreto – Os dez mandamentos da pavimentação rígida, Fascículos Colecionáveis; Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo, Brasil. <http://pt.scribd.com/doc/49598383/Pavimentacao-Rigida>
- [4] ACPA, (2002) - The International Roughness Index (IRI): What is it? How is it measured? What do you need to know about it?, American Concrete Pavement Association, Concrete Pavement Research & Technology, USA, www.pavement.com; consultada a 04/03/2011
- [5] ANA, (2012) – Relatórios da Campanha de Ensaio dos Pavimentos no âmbito do Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários – Porto, Lisboa, Faro, Santa Maria, São Miguel, Flores, Horta; Aeroportos e Navegação Aérea, Lisboa, Portugal.
- [6] ANDERSEN, A.; WAMBOLD, J.C., (1999) – Friction Fundamentals, Concepts and Methodology; TP 13837E; Transport Development Center, Canada.
- [7] ALMEIDA, L. e FREIRE, T, (2000) – Metodologia de Investigação em Psicologia e Educação, 2.^a ed. ; Editorial Psiquilibrios, Braga, Portugal.
- [8] APORBET, (1998) – Misturas Betuminosas - Contribuição para a Normalização do Fabrico e da Aplicação; Associação Portuguesa de Fabricantes de Misturas Betuminosas, Lisboa, Portugal.
- [9] APS, M.& Bernucci, L.L.B., (2004) - Medidas de macro e microtextura e valores de aderência em revestimentos asfálticos visando a segurança viária, Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv), Brasil.
- [10] APS, M., (2006) - Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice Combinado IFI – International Friction Index para Revestimentos Asfálticos; Tese de Doutorado, Escola Politécnica de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

- [11] ASTM, (1998) - E-303-93(1998) Standard method for measuring frictional properties using the British Pendulum tester; Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards, Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, USA.
- [12] ASTM, (2001) - E-965-96(2001) Standard test method for measuring surface macro texture depth using a volumetric technique; Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards; Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, USA.
- [13] ASTM, (2003) - E-1960 (2003) - Standard practice for calculating International Friction Index of a Pavement Surface; Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards; Road and Paving Materials; Vehicle-Pavement Systems, USA.
- [14] ASTM, (2010) – E2100-04 Standard Practice for Calculating the International Runway Friction Index, Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards, Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, USA.
- [15] ASTM, (2011) - D5340-11 Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys, Annual Book of American Society for Testing and Materials Standards, Road and Paving Materials; Vehicle Pavement Systems, USA.
- [16] BARELLA, R.M., (2008) – Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais; Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-31032008-172407/pt-br.php>
- [17] BCAGATO, (2002) – Runway Roughness Measurement Quantification, and Application – The Boeing Method; D6-81746; Boeing Commercial Airplane Group Airport, EUA. <http://www.airporttech.tc.faa.gov/NAPTF/Download/Roughness/Boeing%20D681746%20Roughness.pdf>
- [18] CAÇÃO, R., (2010) – Testes estatísticos: Testes paramétricos e não paramétricos, apresentação PowerPoint, <http://www.slideshare.net/rosariocacao/testes-parametricos-e-nao-parametricos3396639>
- [19] CEDEX, (2006) - Equipment for Tyre-Road Noise Measurement (CPX method), Centro de Estudos y Experimentación de Obras Públicas, España, www.cedex.es/ingles/presentacion/datos/instalaciones/cet_re.html; consultada a 10/01/2011.

- [20] CENEK; JAMIESON, N.J.; MCLARIN, M.W.; BROWN, E.C., (2007) - Use of the International Friction Index (IFI) to predict atual vehicle braking performance, Opus Central Laboratories, New Zealand Police, New Zealand.
- [21] CIBERMÉTRICA, (2007) - CiberLaser: Perfilômetro Laser para a Medida de Irregularidade Longitudinal e do Afundamento Plástico em Trilhas de Roda, Produtos, Brasil, <http://www.cibermetrica.com.br/ciberlaser.html>; consultada a 21/10/2012.
- [22] CROW, (2006^a), - Correlation Trial and Harmonization Modeling of Friction Measurements on Runways, CROW Report 06-02, Ede, The Netherlands, <http://www.crow.nl/nl/Publicaties/publicatiedetail?code=D06-02>
- [23] CROW, (2006^b), - Qualification Protocol for Candidate Self-wetting Friction-measuring Devices on Dutch Airfields, CROW Report D06-05, Ede, The Netherlands, <http://www.crow.nl/nl/Publicaties/publicatiedetail?code=D06-05>
- [24] CROW, (2009) - Correlation trial of friction measurements on runways 2008, CROW Report 09-01, Ede, The Netherlands, <http://www.crow.nl/nl/Publicaties/publicatiedetail?code=D09-01>
- [25] DeANGELIS, (1990) – As Introduction to Clinical Research, Oxford University Press, New York, USA.
- [26] DNIT, (2003) – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento; NORMA DNIT 006/2003; Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro, Brasil. http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT006_2003_PRO.pdf
- [27] DNIT, (2003) – Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – Procedimento; NORMA DNIT 009/2003; Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Rio de Janeiro, Brasil. http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNIT009_2003_PRO.pdf
- [28] DYNATEST, (2007), www.dynatest.com; consultada a 07/02/2010.
- [29] EASA, (2010) – RuFAB – Runway friction characteristics measurement and aircraft braking, Research Project European Aviation Safety Agency - EASA.2008/4, Cologne, Germany <http://www.easa.europa.eu/safety-andresearch/researchprojects/docs/airports/Report%20Volume%201%20%20Summary%20of%20findings%20and%20recommendations.pdf>

- [30] EASA, (2011) – NPA – Notice of Proposed Amendment, NPA 2011-20 (BII), European Aviation Safety Agency, Cologne, Germany.
- [31] ECS, EN 12697-40, (2005) - Bituminous mixtures – Test methods – Part 7: In situ drainability, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [32] ECS, EN 13036-1, (2001) - Road and airfield surface characteristics – Test Methods – Part 1: Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric patch technique, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [33] ECS, EN 13036-3, (2002) - Road and airfield surface characteristics – Test Methods – Part 3: Measurement of pavement surface macrotexture horizontal drainability, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [34] ECS, EN 13036-4, (2003) - Road and airfield surface characteristics – Test Methods – Part 4: Measurement of skid resistance of a surface: the Pendulum test, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [35] ECS, EN 13036-5, (2006) - Road and Airfield Surface Characteristics - Test Methods - Part 5: Determination of Longitudinal Unevenness Indices, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [36] ECS, EN 13036-7, (2003) - Road and airfield surface characteristics – Test Methods – Part 7: Irregularity measurement of pavement courses: the straightedge test, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [37] EEKEREN, R.V., (2008) – Airport means business, apresentação PowerPoint da IFALPA. [http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/10-02-2009 - IFALPA - Robert van Eekeren - Airport Mean Safety.pdf](http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/10-02-2009_-_IFALPA_-_Robert_van_Eekeren_-_Airport_Mean_Safety.pdf)
- [38] EP-IEP-JAE, (1995) - Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional, Almada, Portugal.
- [39] EP-IEP-JAE, (1997) - Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários Flexíveis, 2ª versão, Direção dos Serviços de Conservação, Almada, Portugal.
- [40] EP-IEP-JAE, (2002) - Caderno de Encargos das Estradas de Portugal, Almada, Portugal.
- [41] EP-IEP-JAE, (2005) - Sistema de Gestão de Pavimentos: Manual de Utilização, 1ª versão revista, Estradas de Portugal, Almada, Portugal.

- [42] EP-IEP-JAE, (2006) - Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários, Vol.2 Gestão da Conservação, Gabinete de Gestão da Rede, Estradas de Portugal, Almada, Portugal.
- [43] FAA, (1997) – AC N.: 150/5320-12C Measurement, Construction, and Maintenance of Skid-resistant Airport Pavement Surfaces; Federal Aviation Administration, US Department of Transportation, EUA. http://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/150-5320-12c/150_5320_12c.pdf
- [44] FAA, (2007) – 1110.149. TALPA, Takeoff And Landing Performance Assessment Aviation Rulemaking Committee, Federal Aviation Administration, US Department of Transportation, EUA. <http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/ND/1110.149.pdf>
- [45] FAA, (2008) – AC N.: 150/5200-30C Airport Winter Safety and Operations; Federal Aviation Administration, US Department of Transportation, EUA. http://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5200_30c_consolidated.pdf
- [46] FAP – DI (2002) – Memorando de dimensionamento e avaliação dos pavimentos pré-esforçados das pistas da BA11 – Beja, Força Aérea Portuguesa, Alfragide, Portugal.
- [47] FAP – GEAFAP (2008) – Relatório dos ensaios de medição do coeficiente de atrito do AM1 em Ovar, Alverca, Portugal.
- [48] FERNANDES, H.J., (1994) - Métodos e regras para a elaboração de trabalhos académicos e científicos. Porto Editora, col. Educação, Porto, Portugal.
- [49] FHWA, (2005) – Surface texture for asphalt and concrete pavements - Technical Advisory T5040.36. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, EUA. <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/t504036.cfm>
- [50] FINDLAY IRVINE, (2007) - Highways: Grip-Tester, Products, Scotland, www.findlayirvine.com/products/prod_det.php?sectorId=3&productId=10; consultada a 08/02/2010.
- [51] FLINTSCH, G.W.; LÉON, E.; MCGHEE, K.K.; AL-QADI, I.L., (2003) - Pavement surface macrotexture measurement and application; Transportation Research Board; TRB 2003 Annual Meeting, USA.

- [52] FONTUL, S., (2006) - Caracterização do estado dos pavimentos: Características superficiais, Elementos de apoio ao curso “Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários”, LNEC, Lisboa, Portugal.
- [53] FORTIN, M. F., (2000) – O processo de investigação, da conceção à realização. 2ª Ed., Lusociência – Edições Técnicas e Científicas, Lda., Loures, Portugal.
- [54] FRADA, J.J.C., (1993) - Guia prático para elaboração e apresentação de trabalhos Científicos. Edições Cosmos, Lisboa, Portugal.
- [55] FSF, (2009) – Reducing the risk of runway excursions, Report of the Runway Safety Initiative, Flight Safety Foundation, <http://flightsafety.org/files/RERR/fsf-runway-excursions-report.pdf>
- [56] GARCIA, D., (2004) – Runway Friction Characteristics Evaluation; Air Force Engineer Support Agency, EUA. <http://pt.scribd.com/doc/93717217/Us-Airforce-Diego-Garcia-Friction2004>
- [57] GEOCISA, (2007) - Auscultación: Perfilómetro K. J. Law, Madrid, España, www.geocisacarreteras.com/pdfs/10.20.20.pdf; consultada a 24/05/2012.
- [58] GIL, A.C., (1991) - Métodos e técnicas de pesquisa social, 3ªed.; Editora Atlas S.A., São Paulo, Brasil.
- [59] GIL, A.C. (1993) - Como elaborar projetos de pesquisa, 3ª ed.; Editora Atlas S.A., São Paulo, Brasil.
- [60] HAAS, R.; HUDSON, W.R.; ZANIEWSKI, J., (1994) - Modern Pavement Management, Krieger Publishing Company, Florida, USA.
- [61] HALL, J.W., WAMBOLD, J.C., YAGER, T.J., RADO, z. (2009) – Guide for Pavement Friction; .NCHRP Web-Only Document 108; Transport Research Board, USA. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_w108.pdf
- [62] HENRY, J.J., (2000) - Evaluation of pavement friction characteristics — a synthesis of highway practice; NCHRP Synthesis 291; Transportation Research Board, Washington, D.C., USA. http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_401.pdf
- [63] HICKS, C.M., (2006) – Métodos de investigação para terapeutas clínicos, 3ª ed.; Editora Lusociência, Loures, Portugal.

- [64] HOERNER, T.E.; SMITH, K.D.; LARSON, R. M.; SWANLUND, M. E., (2003) - Current Practice of PCC Pavement Texturing, 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC., USA, www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-001957.pdf; consultada a 12/04/2009.
- [65] ICAO, (1983) - (Doc 9157-NA/901) Aerodrome Design Manual, Part 3, Pavements, 2.nd ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [66] ICAO, (1983) - (Doc 9137 AN/898) Airport Service Manual, Part 8, Airport Operational Services, 1.st ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [67] ICAO, (2002) - (Doc 9137 AN/898) Airport Service Manual, Part 2, Pavement Surface Conditions, 4.th ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [68] ICAO, (2007) - (Doc 9870 AN/463) Manual on the Prevention of Runway Incursions, 1.st ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [69] ICAO, (2009) - Anexo 14 à Convenção de Chicago, Aerodromes, Volume I – Aerodromes Design and Operations, 5.th ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [70] ICAO, (2010) - Anexo 13 à Convenção de Chicago, Aircraft Accident and Incident Investigation, 10.th ed.; International Civil Aviation Organization, Montréal, Canada.
- [71] ICAO, (2011) – Proposal for the amendment of Annex 14; International Civil Aviation Organization. Montréal, Canada.
- [72] ICAO, (DRAFT) – (Cir 329 AN/191) Runway Surface Condition Assessment Measurement and Reporting, International Civil Aviation Organization. Montréal, Canada.
- [73] IFALPA, (2008) - IFALPA Runway Safety Position; Revista IFALPA Statement - The Global Voice of Pilots, Artigo 09POS01 http://www.awacss.be/link_rapport_IFALPA_july_2008.pdf
- [74] ISO 13473-2, (2002) - Characterization of pavement texture by use of surface profiles, Part 2: Terminology and basic requirements related to pavement texture profile analysis, International Organization for Standardization, Switzerland.

- [75] IPQ, NP EN ISO 13473-1:2011, (2011) – Caracterização da textura do pavimento a partir de perfis da superfície. Parte 1: Determinação da profundidade média do perfil, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Portugal.
- [76] LEE, Y.P.K.; FWA, T.F.; CHOO, Y.S., (2005) - Effect of Pavement Surface Texture on British Pendulum Test, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6, www.easts.info/on-line/journal_06/1247.pdf; consultada a 15/08/2009.
- [77] LNEC, (1987) – Características Superficiais dos Pavimentos da Pista 01-19 do Aeródromo de Manobras de Ovar (AM1); Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- [78] LNEC, (2005) – Relatório 451/05 – NIT/DT – Avaliação da Capacidade de Carga e Características Superficiais dos Pavimentos do Aeroporto de Porto Santo (campanha realizada de agosto a setembro de 2004); Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- [79] LNEC, (2007^a) - Perfilómetro Laser, Departamento de Transportes, Núcleo de Infraestruturas, Lisboa, Portugal, www.ext.lnec.pt/LNEC/DT/NIT/perfilometro.html; consultada a 14/04/2012.
- [80] LNEC, (2007^b) - GripTester, Departamento de Transportes, Núcleo de Infraestruturas, Lisboa, Portugal, www.ext.lnec.pt/LNEC/DT/NIT/grip_tester.html; consultada a 14/04/2012.
- [81] MATOS, M., (1994) – Normas para apresentação de dissertações – Bases essenciais; (disponível na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), Porto, Portugal.
- [82] MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES, (2010) – Decreto-Lei n.º55/2010 de 31 de maio que alterou o Decreto –Lei n.º 186/2007, de 10 de maio, Diário da República, 1.ª série — N.º 105 — 31 de maio de 2010, Lisboa, Portugal.
- [83] MIRANDA, M., (1983) – A amostragem de indivíduos: Algumas questões sobre a organização de amostras para a aferição de testes psicológicos em Portugal; revista portuguesa de pedagogia, XVII, 241-257.
- [84] MONTEIRO, M., (2009) - Perspetivas de Interpretação dos Ensaios de Avaliação do Coeficiente de Atrito; Tese de Mestrado; Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

- [85] NAVFAC, (1989^a) – NAVFAC MO-102.3: Asphalt Surfaced Airfields, Maintenance & Repair Alternatives Pavement Condition Index (PCI) Field Manual; Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.
- [86] NAVFAC, (1989^b) – NAVFAC MO-102.4: Jointed Concrete Airfields, Maintenance & Repair Alternatives Pavement Condition Index (PCI) Field Manual; Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.
- [87] NEVES, J., (2008) – Guia de Laboratório Construção e Manutenção de Infraestruturas de Transportes; Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- [88] NOYCE, D.A.; BAHIA, H.U.; YAMBÓ, J.M.; KIM, G., (2005) – Incorporating road safety into pavement management: Maximizing asphalt pavement surface friction for road safety improvements; Traffic Operations and Safety (TOPS) Laboratory, Wisconsin, EUA.
<http://www.wistrans.org/mrutc/files/Lit-rev-and-info.pdf>
- [89] NORVIA, (2010) – Anteprojeto de reforço e reperfilamento dos pavimentos betuminosos e demais trabalhos complementares no Aeroporto de Porto Santo, Volume I – Caracterização da situação existente, Lisboa, Portugal.
- [90] PEREIRA, P.A.A. & PAIS, J.C. (2008) - Skid Resistance and texture of Compacted Asphalt Mixes Evaluated from IFI in Laboratory Preparation; 4th Eurasphalt and Eurobitum Congress, v. 1. p. 1-14. Copenhagen, Dinamarca.
<http://rodoviasverdes.ufsc.br/files/2010/03/SKID-RESISTANCE-AND-TEXTURE-OF-COMPACTED-ASPHALT-MIXES-EVALUATEDFROM-THE-IFI-IN-LABORATORY-PREPARATION.pdf>
- [91] PEREIRA, P.A.A., (2008) - Skid Resistance and texture of Compacted Asphalt Mixes Evaluated from IFI in Laboratory Preparation; 4th Eurasphalt and Eurobitum Congress, Copenhagen, Dinamarca.
- [92] PEREIRA, P. & MIRANDA, V. (1999^a) - Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários, Universidade do Minho, edição de autor, Braga, Portugal.
- [93] PEREIRA, P. & MIRANDA, V. (1999^b) - Impactes ambientais da irregularidade dos pavimentos rodoviários, SIAIS – Simpósio Internacional, Porto, Portugal.

- [94] PINTO, J.I.R., (2003) - Caracterização superficial de pavimentos rodoviários, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.
- [95] PHILLIPS, Estelle M. e PUGH, D.S., (1998) – Como Preparar um Mestrado ou Doutoramento; Lyon Multimédia Edições, Lda., Lisboa, Portugal.
- [96] PIARC, (1987). - Permanent International Association of Road Congresses Report of the committee on surface characteristics; 18th World Road Congress, Brussels, Belgium.
- [97] PIARC, (1995^a) - International Permanent International Association of Road Congresses Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements; Report AIPCR-01.040, Belgium.
- [98] PIARC, (1995^b). - Technical committee on surface characteristics; International PIARC experiment to compare and harmonize texture and skid resistance measurements, Paris, France.
- [99] QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L.V., (2005) – Manual de investigação em ciências sociais; Tradução de Marques, S.M; Mendes, M.A e Carvalho, M; Revisão científica de Santos, R.; Departamento de Sociologia da Universidade Nova de Lisboa, 4.^a ed., Gradiva, Lisboa, Portugal.
- [100] R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). - R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- [101] RODRIGUES FILHO, O.S., (2006) – Características de aderência de revestimentos asfálticos aeroportuários – Estudo de caso do Aeroporto Internacional de São Paulo/Congonhas; Tese de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- [102] ROMÃO, J.P. (2010) - Atrito em Pavimentos Aeronáuticos – Estudo de propostas de intervenção na pista 01L-19R da BA11 – Beja; Tese de Mestrado; Academia da Força Aérea, Sintra, Portugal.
- [103] SANDBURG, U.; EJSMONT, J.A., (2002) - Tyre/Road Noise Reference Book; ISBN 91-631-21 2610-9; Informex, Kisa, Sweden.
- [104] SANTOS, L.P. (2007^a) - Características Superficiais de Pavimentos, Grupo de Investigação em Vias de Comunicação, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.

- [105] SANTOS, L.P. (2007^b) - Gestão da Conservação de Pavimentos, Grupo de Investigação em Vias de Comunicação, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- [106] SHELL, (1995) - BISAR P.C. – User's Manual, Shell International Petroleum Company, London, United Kingdom.
- [107] SOLMINIHAC, H., (2001) - Indice de Friccion Internacional, Revista Bit, Chile, www.revistabit.cl/pdf/bit22_art10.pdf; consultada a 03/03/2012.
- [108] SPECTOR, N., (1997) – Manual para redação de teses, dissertações e projetos de pesquisa; Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil.
- [109] STEPHANS, Richard A., PE, CSP., (2004) – System Safety for the 21st Century; Wiley Interscience, New Jersey, USA.
- [110] UKCAA, (2008) – CAP 683 - The Assessment of Runway Surface Friction Characteristics, 4th ed.; United Kingdom Civil Aviation Authority, UK.
- [111] VAN E.S, G.W.H. & GIESBERTS, M.K.H., (2003) - Skid resistance measurements on airport runways: a Literature Survey on Tire Surface Friction on Wet Pavements Application of Surface Friction Testers, Report 03-06, CROW, The Netherlands.
- [112] WAMBOLD, J.C.; ANTLE C. E.; HENRY J.J., RADO, Z., (1995) - International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements; Final Report submitted to the Permanent International Association of Road Congresses (PIARC), State College, PA.
- [113] WAMBOLD, J.C., HENRY, J.J., YAGER, T.J., BOCCANFUSO, A., (2008) International Runway Friction Index (IRFI) versus Aircraft Braking Coefficient (μ), Paper with the results of the Joint Winter Runway Friction Measurement Program (JWRFMP) http://sed.siv.it/documenti/63_2848_20080821103440.pdf
- [114] WRFMRWG, FAA/TC/NASA/ACI/AAAE/RAA/ATA/ALPA, (1995) – An Evaluation of Winter Operational Runway Friction Measurement Equipment, Procedures, and Research; Winter Runway Friction Measurement and Reporting Working Group, EUA. <http://ntl.bts.gov/lib/1000/1100/1106/wrfmrwg1.pdf>
- [114] YODER, E.J. & WITCZAK, M.W., (1975) - Principles of Pavement Design, Wiley-Interscience Publication, 2nd ed., USA.

<http://arquivoaeronautico.blogspot.pt/>, consultada a 04/09/2010
<http://biggles-software.com>, consultada a 14/07/2010
<http://filtrack.com>, consultada a 26/08/2010
<http://in.com>, consultada a 26/08/2010
<http://media.kentucky.com>, consultada a 26/08/2010
<http://pt.wikipedia.org/wiki>; consultada a 20/06/2012
http://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_TAM_3054#cite_note-12, consultada a 05/08/2010
www.boeing.com/news/techissues/pdf/statsum.pdf, consultada a 21/12/2011
www.climaat.angra.uac.pt; consultada a 12/06/2012
www.flightglobal.com, art. 14/03/2008, consultada a 24/08/2010
www.fodboss.ch/en/wasistfod.html, consultada a 04/09/2010
www.googleearth.com, consultada a 10/02/2011
www.igeo.pt; consultada a 12/06/2012
www.lnec.pt/organiza%C3%A7%C3%A3o/at/nit/perfilometro/, consultada a 30/08/2010
www.meteopt.com; consultada a 12/06/2012
www.mrutc.org/research/0404/Lit%20rev%20and%20info.pdf; consultada a 23/08/2010
www.navcanada.ca/NavCanada.asp?Language=en&Content=ContentDefinitionFiles%5CRunwaySafety%5CRunwayExcursions%5Cdefault.xml, consultada a 24/07/2010
www.pavementinteractive.org/article/roughness/, consultada a 30/08/2010
<http://www.paver.colostate.edu/software.php>, consultada a 10/11/2011
www.R-project.org, consultada a 19/07/2012
www.roadware.com/products/, consultada a 30/08/2010
www.signalcharlie.net/July+2008; consultada a 05/08/2010
<http://www.slideshare.net/rosariocacao/testes-parametricos-e-nao-parametricos3396639>, consultada a 20/07/2012
www.skybrary.aero/index.php/Runway_Excursion_Statistics_for_Europe; consultada a 24/07/2010
www.tatra-register.co.uk/613.htm, consultada a 24/07/2010
www.tc.gc.ca/eng/civilaviation/publications/tp14371-air1-0-462.htm; consultada a 12/06/2012
www.voanews.com/content/french-court-overturms-continental-airlines-conviction-in-concorde-crash/1555691.html, consultada a 04/09/2010
www.whetheronline.co.uk; consultada a 12/06/2012

ANEXO A

Questionário aos pilotos tripulantes de aeronaves F16

No âmbito do curso de Mestrado de Engenharia de Aeródromos da Academia da Força Aérea frequentado pela ALFAL/ENGAED Mariana Monteiro, e do Curso de Doutoramento em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto frequentado pela CAP/ENGAED Rute Ramalho, estamos a desenvolver estudos de investigação respectivamente subordinados aos temas: perspectivas de interpretação dos ensaios do coeficiente de atrito e à avaliação da condição superficial dos pavimentos aeronáuticos. O principal objectivo desses estudos de investigação é maximizar a condição dos pavimentos aeronáuticos da Força Aérea de forma a contribuir para o aumento das condições de segurança e operacionalidade. A sua colaboração será imprescindível para a consecução dos objectivos, pelo que solicitamos que suas as respostas sejam bem ponderadas. Os nomes dos participantes serão confidenciais.

Monte Real, 26 de Julho de 2009

Pilot Response and Feedback

Pilot observations and complaints are an important factor in determining pavement roughness. Although pilot observations do not directly indicate that structural fatigue of airplane components is occurring, they are often the first sign that something is wrong with the pavement profile. (AC 150/5380-9, 2008)

→ Ordene por ordem decrescente relativamente ao conforto de utilização as pistas da FAP, em que já tenha operado:

- ☐ AM1 – Ovar
- ☐ BA1 – Sintra
- ☐ BA4 – Lajes
- ☐ BA5 – Monte Real
- ☐ BA6 – Montijo – 01/19
- ☐ BA6 – Montijo – 08/26
- ☐ BA11 – Beja – 01L (instrumentos)
- ☐ BA11 – Beja – 01R
- ☐ DAM – Porto Santo
- ☐ DGMFA – Alverca

→ Ordene por ordem decrescente a importância das características das pistas:

- ☐ Boa aderência
- ☐ Pista comprida
- ☐ Existência de painéis indicadores de distância remanescente (fim de pista)
- ☐ Ausência de água no pavimento
- ☐ Ausência de juntas
- ☐ Sinalização diurna (pintura)
- ☐ Sinalização luminosa
- ☐ Outras. Tais como:

→ Face às características acima referidas e outras que eventualmente tenha referido, como classificaria (numa escala de 1 a 5, em que 1 é Muito Má, e 5 é Muito Boa) a pista de Ovar?

→ Atendendo à sua resposta anterior, quais as características que faltam à pista de Ovar?

→ Na utilização da pista de Ovar, passou por alguma experiência negativa que atribua ao estado do pavimento?

Sim ☐ Não ☐

Se a sua resposta foi afirmativa, descreva sucintamente o sucedido (por favor mencione o que considere relevante tal como o estado do tempo, voo diurno/nocturno, confiança no pavimento, experiências anteriores, etc.)

Obrigada pelo seu contributo!

Monte Real, ____/____/_____
Nome (opcional):

ANEXO B

Pedido de disponibilização de informação e consentimento para uso dos dados



CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO

REUNIÃO Nº **07/2011**

DATA: **17.Março.2011**

PONTO DA AGENDA Nº **3.3 Tese de Doutorado – Tema: Avaliação da Condição Funcional de Pavimentos Aeronáuticos.**

DOCUMENTO DE APOIO: ▪ *Carta da Engª. RR de 2011.02.07*

DELIBERAÇÃO

PARA: **DAM; DFPC; AT**

O Conselho de Administração analisou o documento em referência e deliberou autorizar a Srª. Engª. Rute Ramalho a proceder à recolha de elementos nos Aeroportos da Madeira e Porto Santo com vista ao desenvolvimento da tese de doutoramento que está a preparar.

101/387779

Q.2.00

ANAM, SA
Aeroportos da Madeira

E/2011/548

11-02-2011

Exmo. Sr. Eng.º António Guilhermino Rodrigues
Presidente do Conselho de Administração da
ANA - Aeroportos de Portugal
Rua D, Edifício 120
Aeroporto da Portela
1749-034 Lisboa

Alfândega para CA

9/3/2011

Av. Eng.º Paulo Machado

1 av. Eng.º Duarte

Lisboa

Lisboa, 7 de Fevereiro de 2011

10.2.20

Exmo. Sr. Eng.º,

Em sequência de contactos estabelecidos com a Eng.ª Susana Brito da Direcção de Infra-estruturas Aeronáuticas (DIA), a quem agradeço a sugestão, e da solicitação que já fiz pessoalmente ao Sr. Eng.º Duarte Ferreira, presidente do ANAM, a quem também agradeço, venho por este meio solicitar-lhe o que seguidamente passo a expor.

Eu, Rute Castro Lopo Ramalho, a prestar funções na Direcção de Infra-estruturas e Navegação Aérea do Instituto Nacional de Aviação Civil (INAC), e Oficial da Força Aérea Portuguesa, (no âmbito do Programa Doutoral em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto,) encontro-me na fase de elaboração da Tese de Doutoramento, subordinada ao tema: Avaliação da Condição Funcional de Pavimentos Aeronáuticos, sob orientação do Professor Doutor Jaime Queirós Ribeiro e da Professora Doutora Maria da Conceição Azevedo.

A tese pretende colmatar a lacuna existente relativamente às directrizes nacionais para a avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos, bem como eliminar diferenças nas metodologias que têm vindo a adoptar-se. Não obstante a ICAO estabeleça obrigações e recomendações, no seu Anexo 14, o mesmo remete para a necessidade de que cada estado elabore regulamentação complementar no sentido de tornar essas obrigações e recomendações adaptáveis à situação de cada país, tarefa pela qual, em virtude da minha actividade profissional no INAC, também sou responsável. Assim, para poder realizar o melhor trabalho possível, que possa ser útil e se adapte às necessidades efectivas do nosso país, considero que seria muito importante poder aplicar as directrizes que proponho na tese, a aeroportos e bases aéreas representativas da realidade nacional.

Rute Castro Lopo Ramalho - Av. De Roma n.º 31, 1.º, P4, 1000-263 Lisboa

Para o efeito venho por este meio, solicitar-lhe que me autorize a desenvolver algumas campanhas de recolha de dados, bem como a disponibilização de informação, existente e perspectivada para este e para o próximo ano, relativa a parâmetros de condição funcional dos aeroportos de: Lisboa; Porto; Faro; Santa Maria ou Ponta Delgada; Madeira e Porto Santo, para utilização na componente prática da tese (em anexo envio um resumo das informações a recolher e/ou a determinar bem como dos locais visados).

Sendo que as fases de enquadramento teórico e revisão bibliográficas da tese já foram concluídas venho por este meio solicitar-lhe as supracitadas autorizações.

Antecipadamente grata.

Com os melhores cumprimentos,

Rute Castro Lopo Ramalho

Rute Ramalho

(Licenciada e Mestre em Engenharia Civil pela FEUP)

Anexo - Informação a recolher e/ou a determinar - locais

Rute Castro Lopo Ramalho - Av. De Roma n.º 31, 1.º, P4, 1000-263 Lisboa

INFORMAÇÃO A RECOLHER E/OU A DETERMINAR - LOCAIS

DIAGNÓSTICO	
- Recolha e condensação de informação *	
- Campanha de auscultação *	
- Registo e classificação de patologias *	
COEFICIENTE DE ATRITO	
CONTÍNUO	PONTUAL
Às velocidades de 65 e 95km/h 1 ou nos 2 sentidos	Pêndulo Britânico *
Locais	Locais
- Eixo	- 150m de cada soleira ao eixo
- 3m do eixo	- Zonas de toque ao eixo e nas pinturas
- 5m do eixo	- Meio da pista ao eixo
- Marcas de distância fixa	- Locais pontuais de diferenças nos coeficientes de atrito ou dúvidas
- Bermas	
(No máximo 36 corridas por pista)	
TEXTURA	
MACRO	MICRO
Técnica volumétrica da mancha *	Não mensurável directamente - inferir sobre as suas propriedades através das comparações dos valores do atrito a 65 e a 95Km/h e dos resultados da macro textura
Locais	
- 150m de cada soleira ao eixo	
- Zonas de toque ao eixo e nas pinturas	
- Meio da pista ao eixo	
- Locais pontuais de diferenças nos coeficientes de atrito ou dúvidas	
IRREGULARIDADE	
De forma discreta ou continuamente	
Locais - ao longo de cada alinhamento ou de 3 em 3m no caso de medições discretas	
- Eixo	
- 3m do eixo	
- 5m do eixo	
- Bermas	

* - No caso de não existirem serão realizados por mim, todos os outros será o que existir ou de acordo com o planeamento.

INFORMAÇÃO A RECOLHER E/OU A DETERMINAR - LOCAIS

AEROPORTOS CIVIS	BASES AÉREAS
ANA	FAP
- Lisboa	AM1 - Ovar
- Porto	BA5 - Monte Real
- Faro	BA6 - Montijo (2 pistas)
- Santa Maria ou Ponta Delgada	BA11 - Beja
- Madeira	
- Porto Santo	

ANEXO C

Programa de avaliações de atrito

PROGRAMA PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE ATRITO DAS PISTAS

TABELA C1

Listar todas as aeronaves utilizadoras do aeródromo/aeroporto ao longo do ano bem como os seus pesos máximos à aterragem na coluna [A]

Determinar o número anual de aterragens para cada tipo de aeronaves a turbo reação, no aeródromo/aeroporto. Introduzir este valor na coluna [B];

Determinar para cada tipo de aeronave a massa total que aterrou no aeródromo/aeroporto ao longo do ano, [A]x[B] e listar este valor na coluna [C];

Determinar o número total de aterragens no aeródromo/aeroporto ao longo do ano, [D];

TABELA C2

Seguir as instruções da Tabela C2. Determinar os valores [H] e [K] para cada extremidade da pista, para todas as pistas com operações de aeronaves a turbo reação.

TABELA C3

Retirar os valores [H] e [K] calculados na Tabela C2 e compara-los com os valores de [H] e [K] da Tabela C3. Esta tarefa possibilitará a determinação do coeficiente de atrito mínimo [M] e da frequência mínima para remoção de borracha [N] para cada extremidade de pista cada extremo de pista para todas as pistas com operações de aeronaves a turbo reação.

TABELA C4

Introduzir valores para: [G]; [H]; [K]; [M] e [N] na Tabela C4.

Cada aeródromo/aeroporto será responsável pela realização desta estatística anualmente. As companhias mudam de aeroportos e também alteram os números de operações diárias de ano para ano. Estatísticas anuais possibilitam que o gestor do aeródromo/aeroporto se mantenha atualizado sobre a atividade da sua infraestrutura aeronáutica. Isto será especialmente importante, pois com o aumento das operações com aeronaves wide-body, a acumulação de borracha e o desgaste do pavimento serão muito mais preocupantes.

As fórmulas para os cálculos são as expostas nas Tabelas de C1 a C4.

TABELA C1

Estimativa da carga de aterragens de aeronaves a turbo reacção

Aeroporto/Aeródromo: Identificação: Data:				
Aeronave (Marca e modelo)	Wide-body, se sim assinalar x (W)	Máxima carga à aterragem da aeronave [kg] (A)	Numero anual de aterragens no aeroporto (B)	Total anual de carga que aterrou no aeroporto [kg] (C) = (A)x(B)
	X	10000	3	30000
		20000	3	60000
	X		2	10000
			30	0
	X		1	0
				0
Total	3	30000	39	100000

Total anual de aterragens não wide-body = 6

Percentagem = 15%

Total anual de aterragens wide-body = 33

Percentagem = 85%

Total de aterragen 39
(D) = (B)

OK

Total anual de carga de aterragens não wide-boc 40000 kg

Percentagem = 40%

Total anual de carga de aterragens wide-body = 60000 kg

Percentagem = 60%

Total de carga de aterragens : 100000 kg
(E) = (C) OK

TABELA C2

Procedimentos de cálculo

Aterragens diárias para todas as pistas:

Número de aterragens anuais de todas as pistas		365 dias por ano		Número diário de aterragens de todas as pistas
<u>39</u>	÷		=	<u>0,11</u>
(D)				(F)

Média da carga que anualmente aterra em todas as pistas:

Carga anual aterragens	das	Número anual de aterragens		Média de carga anual de aterragens de todas as pistas
<u>100000 kg</u>	÷	<u>39</u>	=	<u>2564 kg</u>
(E)		(D)		(J)

PISTA _____**Aterragens diárias:**

Número diário de aterragens de todas as pistas		Percentagem de aterragens na Pista ()		Número diário de aterragens na Pista ()
<u>0</u>	x	<u>(G)</u>	=	<u>0</u>
(F)				(H)

Aterragens anuais na Pista ____ :

Percentagem de aterragens na Pista ()		Número de aterragens anuais de todas as pistas		Númerode aterragens anuais na Pista ()
<u>(G)</u>	x	<u>39</u>	=	<u>0</u>
		(D)		(I)

Carga anual das aterragens na Pista ____ :

Númerode aterragens anuais na Pista ()		Média de carga anual de aterragens de todas as pistas		Carga anual das aterragens na Pista ()
<u>0</u>	x	<u>2564 kg</u>	=	<u>0 kg</u>
(I)		(J)		(K)

TABELA C3

Planeamento do programa de manutenção do coeficiente de atrito baseado no número de aterragens de aeronaves a turbo reacção em cada pista

Número diário de aterragens na Pista (H)	Carga anual das aterragens na Pista (K)	Frequência mínima de avaliações do coef. atrito (M)	Frequência mínima de remoção de borracha (N)
inferior a 15	inferior a 447	anual	bienal
16 a 30	448 a 838	a cada 6 meses	anual
31 a 90	839 a 2 404	a cada 3 meses	a cada 6 meses
91 a 150	2 405 a 3 969	mensal	a cada 4 meses
151 a 210	3 970 a 5 535	a cada duas semanas	a cada 3 meses
superior a 210	superior a 5 535	semanal	a cada 2 meses

Notas:

1. Aeroportos com mais do que 31 aterragens de aeronaves a turbo reacção tornam-se mais críticos, quanto ao atrito, devido à acumulação de borracha causada pelo aumento de tráfego.
2. Cumulativamente com as aterragens de aeronaves a turbo reacção em cada extremidade da pista, outros factores deverão ser tidos em consideração para determinar quando remover a borracha, tais como o tipo e a idade do pavimento, as condições atmosféricas, a altura do ano, o número de aeronaves wide-body e o comprimento da
3. Referência às colunas (H) e (K) - Depois de calcular (H) e (K), o operador deverá seleccionar a linha com o maior valor e seguir essa linha para determinar os valores das colunas (M) e (N).

TABELA C4

Resumo

Aeródromo/Aeroporto de: _____

Designação da Pista	Percentagem de Aterragens na Pista (G)	Aterragens Anuais na Pista (H)	Carga de Aterragens Anuais na Pista (x10 6kg) (K)	Tipo de Pavimento da Pista (G)	Tipo de Tratamento superficial (G)	Comprimento Total da Pista (m) (G)	Frequência Mínima de Avaliação do Atrito (G)	Frequência Mínima de Remoção de Borracha (G)

ANEXO D

Formulários destinados às avaliações funcionais dos pavimentos das pistas

AVALIAÇÃO DO VALOR DE SERVIÇO ACTUAL - VSA

Aeródromo / Aeroporto

Data

Hora

Nome do avaliador

Avaliação do conforto de circulação; à velocidade de 180 km/h

Nota 1_ Não deverão existir trocas de percepção entre os avaliadores

Nota 2_ Em condições meteorológicas adversas (chuva, nevoeiro, etc.) esta avaliação não deverá ser realizada

Nota 3_ Para efeitos de atribuição do VSA à pista que vai avaliar, deverá desprezar:

- ☹ Defeitos visuais do pavimento
- ☹ Falhas da geometria do traçado
- ☹ Evoluções estimadas da degradação do pavimento
- ☹ Resistência à derrapagem



Classificação_ Para cada zona da pista, registar a classificação, em número, arredondado a uma casa decimal, que atribuí, exemplo:

	VALORES VSA			CLASSIFICAÇÃO VSA		
	1.º T	2.º T	3.º T	1.º T	2.º T	3.º T
Pista						
01 / 19	4,4	2,7	3,3	Muito Bom	Aceitável	Bom

MEDIÇÃO DA PROFUNDIDADE DA MACRO TEXTURA PELA TÉCNICA VOLUMÉTRICA DA MANCHA

Aeródromo / Aeroporto

EN 13036 - 1:2001

Data

Hora

Local

Esquema de reabilitação do ponto ensaiado, na pista



Observações:

Identificação

Descrição

Volume [mm³]

D1 mm

D3 mm

Temperatura [°C]

D2 mm

D4 mm

Média mm

MTD mm

Identificação

Descrição

Volume mm³

D1 mm

D3 mm

Temperatura [°C]

D2 mm

D4 mm

Média mm

MTD mm

Identificação

Descrição

Volume [mm³]

D1 mm

D3 mm

Temperatura [°C]

D2 mm

D4 mm

Média mm

MTD mm

Valor médio de MTD [mm]

Executou:

Verificou:

Visto por:

___/___/___

___/___/___

___/___/___

MEDIÇÃO DO ATRITO COM PÊNDULO BRITÂNICO

Aeródromo / Aeroporto

EN 13036 - 4:2003

Data Hora Local

Esquema de reabilitação dos pontos ensaiados, na pista



Observações:

Equipamentos Pêndulo n.º Comprimento da borracha Comprimento do deslizamento: Deslizador de borracha n.º Resiliência do deslizador (%) Dureza do deslizador (IRHD)

MEDIÇÃO DO ATRITO COM PÊNDULO BRITÂNICO

Localização	Descrição					Tipo de superfície		
Leitura (v)	1	2	3	4	5	6	7	8
PVT	Temperatura				°C	Média		
PVT Corrigido								

Localização	Descrição					Tipo de superfície		
Leitura (v)	1	2	3	4	5	6	7	8
PVT	Temperatura				°C	Média		
PVT Corrigido								

Localização	Descrição					Tipo de superfície		
Leitura (v)	1	2	3	4	5	6	7	8
PVT	Temperatura				°C	Média		
PVT Corrigido								

Localização	Descrição					Tipo de superfície		
Leitura (v)	1	2	3	4	5	6	7	8
PVT	Temperatura				°C	Média		
PVT Corrigido								

Executou: <div style="text-align: center; margin-top: 40px;"> ____ / ____ / ____ </div>	Verificou: <div style="text-align: center; margin-top: 40px;"> ____ / ____ / ____ </div>	Visto por: <div style="text-align: center; margin-top: 40px;"> ____ / ____ / ____ </div>
---	--	--

Orientação do teste _____

Profundidade da textura _____

Tipo de superfície _____

(1,0 mm)
SMA

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO GRIPTESTER 65 km/h

Aeródromo / Aeroporto

Data

Hora

Equipamento: Griptester

Data da calibração:

Tipo de pneu:

Pressão de enchimento do pneu:

Medida do desgaste do pneu:

Espessura da lâmina de água:

Ensaio realizado por:

Temperatura do ar:

Temperatura do pavimento:

Condição de superfície do pavimento:

Código de referência ICAO:

	Distâncias declaradas			
Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO GRIPTERTER 65 km/h

Lado do eixo:

Distância do eixo:

Sentido:

Designação da corrida (nº):

Comprimento da corrida:

Velocidade do ensaio:

Referências:

65 km/h	NPROJ	NMAN	NMIN
> 0,74	0,53 - 0,74	0,43 - 0,53	< 0,43
Muito Bom	Bom	Médio	Mau

Valor médio, por exemplo:

Pista	1.º T	2.º T	3.º T
	0,60	0,55	0,45
Média	0,53		

Classificação: Para cada terço será feita a média móvel e registado o valor mínimo da MM de cada terço a cada velocidade, por exemplo:

Pista	Valores coeficiente atrito			Classificação a publicar		
	1.º T	2.º T	3.º T	1.º T	2.º T	3.º T
	0,42	0,63	0,51	Mau	Bom	Médio

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO GRIPTESTER 95 km/h

Aeródromo / Aeroporto

Data

Hora

Equipamento: Griptester

Data da calibração:

Tipo de pneu:

Pressão de enchimento do pneu:

Medida do desgaste do pneu:

Espessura da lâmina de água:

Ensaio realizado por:

Temperatura do ar:

Temperatura do pavimento:

Condição de superfície do pavimento:

Código de referência ICAO:

	Distâncias declaradas			
Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO GRIPTESTER 95 km/h

Lado do eixo:

Distância do eixo:

Sentido:

Designação da corrida (nº):

Comprimento da corrida:

Velocidade do ensaio:

Referências:

95 km/h	NPROJ	NMAN	NMIN
> 0,64	0,36 - 0,64	0,24 - 0,36	< 0,24
Muito Bom	Bom	Médio	Mau

Valor médio, por exemplo:

Pista	1.º T	2.º T	3.º T
	0,36	0,25	0,12
Média	0,24		

Classificação: Para cada terço será feita a média móvel e registado o valor mínimo da MM de cada terço a cada velocidade, por exemplo:

Pista	Valores coeficiente atrito			Classificação a publicar		
	1.º T	2.º T	3.º T	1.º T	2.º T	3.º T
	0,42	0,63	0,51	Bom	Bom	Bom

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO ASFT 65 km/h																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Aeródromo / Aeroporto <input style="width: 60%; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Data <input style="width: 20%; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> Hora <input style="width: 20%; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div>																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Equipamento: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="ASFT"/> Data da calibração: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Tipo de pneu: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Pressão de enchimento do pneu: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Medida do desgaste do pneu: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Espessura da lâmina de água: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div>																			
<div style="margin-top: 10px;"> Ensaio realizado por: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Temperatura do ar: <input style="width: 50px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> Temperatura do pavimento: <input style="width: 50px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Condição de superfície do pavimento: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div>																			
<div style="margin-top: 10px;"> Código de referência ICAO: <input style="width: 100px; border: 1px solid #ccc;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #4a4a8a; color: white;"> <th style="width: 15%;"></th> <th colspan="4">Distâncias declaradas</th> </tr> <tr style="background-color: #f2f2f2;"> <th>Pista</th> <th>TORA</th> <th>TODA</th> <th>ASDA</th> <th>LDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>						Distâncias declaradas				Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA					
	Distâncias declaradas																		
Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA															

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO ASFT 65 km/h

Lado do eixo:

Distância do eixo:

Sentido:

Designação da corrida (nº):

Comprimento da corrida:

Velocidade do ensaio:

Referências:

65 km/h	NPROJ	NMAN	NMIN
> 0,82	0,60 - 0,82	0,5 - 0,6	< 0,5
Muito Bom	Bom	Médio	Mau

Valor médio, por exemplo:

Pista	1.º T	2.º T	3.º T
	0,89	0,55	0,65
Média	0,70		

Classificação: Para cada terço será feita a média móvel e registado o valor mínimo da MM de cada terço a cada velocidade, por exemplo:

	Valores coeficiente atrito			Classificação a publicar		
	1.º T	2.º T	3.º T	1.º T	2.º T	3.º T
Pista	0,42	0,63	0,51	Mau	Bom	Médio

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO ASFT 95 km/h																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Aeródromo / Aeroporto <input style="width: 400px;" type="text"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Data <input style="width: 150px;" type="text"/> Hora <input style="width: 150px;" type="text"/> </div>																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Equipamento: <input style="width: 100px;" type="text" value="ASFT"/> Data da calibração: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Tipo de pneu: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Pressão de enchimento do pneu: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Medida do desgaste do pneu: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Espessura da lâmina de água: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div>																			
<div style="margin-top: 10px;"> Ensaio realizado por: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> Temperatura do ar: <input style="width: 50px;" type="text"/> Temperatura do pavimento: <input style="width: 50px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 10px;"> Condição de superfície do pavimento: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div>																			
<div style="margin-top: 10px;"> Código de referência ICAO: <input style="width: 100px;" type="text"/> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th colspan="4" style="background-color: #cccccc;">Distâncias declaradas</th> </tr> <tr> <th>Pista</th> <th>TORA</th> <th>TODA</th> <th>ASDA</th> <th>LDA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>						Distâncias declaradas				Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA					
	Distâncias declaradas																		
Pista	TORA	TODA	ASDA	LDA															

AVALIAÇÃO DO ATRITO EM CONTÍNUO ASFT 95 km/h

Lado do eixo:

Distância do eixo:

Sentido:

Designação da corrida (n°):

Comprimento da corrida:

Velocidade do ensaio:

Referências:

95 km/h	NPROJ	NMAN	NMIN
> 0,74	0,47 - 0,74	0,34 - 0,47	< 0,34
Muito Bom	Bom	Médio	Mau

Valor médio, por exemplo:

Pista	1.º T	2.º T	3.º T
	0,20	0,80	0,55
Média	0,52		

Classificação: Para cada terço será feita a média móvel e registado o valor mínimo da MM de cada terço a cada velocidade, por exemplo:

Pista	Valores coeficiente atrito			Classificação a publicar		
	1.º T	2.º T	3.º T	1.º T	2.º T	3.º T
	0,42	0,63	0,51	Médio	Bom	Bom

IFI MANCHA DE AREIA E GRIPTESTER

Aeródromo / Aeroporto

a -11,6**b** 113,6

_a e b para TX igual à técnica Volumétrica da Mancha MTD

Tx = MTD (mm) _Inserir valor mancha areia**Sp = a + bTx** -11,6 _Calculado**V** (mm) _Inserir valor velocidade**S = 15%V** _Velocidade de escorregamento do equipamento**FR(S) = GN** _Inserir valor Griptester**FR(60) = GNxe(S - 60) / Sp** 0 _calculado**A** 0,082**B** 0,91**C** 0

_A, B e C para FR(S) o valor do Griptester

F(60) = A + B X FR(60) + CxTx 0,082 _Calculado**F(s) = F(60) X e(60-S) / Sp** 0,000465011 _F para qualquer velocidade

IFI =

Resultado	
Macro Textura	Atrito
Sp	F 60
-11,6	0,082

IFI MANCHA DE AREIA E PÊNDULO BRITÂNICO

Aeródromo / Aeroporto

a -11,6

b 113,6

_a e b para TX igual à técnica Volumétrica da Mancha MTD

Tx = MTD (mm) _Inserir valor mancha areia

Sp = a + bTx -11,6 _Calculado

S 10 _Velocidade de escorregamento do equipamento

FR(S) = BPN _Inserir valor Pêndulo Britânico

FR(60) = BPxNe(s - 60) / Sp 0 _calculado

A 0,056

B 0,008

C 0

_A, B e C para FR(S) o valor do Pêndulo Britânico

F(60) = A + B X FR(60) + CxTx 0,056 _Calculado

F(s) = F(60) X e(60-S) / Sp 0,000752019 _F para qualquer velocidade

IFI =

Resultado	
Macro Textura	Atrito
Sp	F 60
-11,6	56

ANEXO E

Aplicação das diretrizes propostas aos estudos de caso

E 1. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DE FARO

E 1.1 Diagnóstico

E 1.1.1. Dados históricos do Aeroporto de Faro



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E1 - Vista em planta do Aeroporto de Faro

De acordo com informação do Relatório SGPA de 26/04/2012 133 a Pista 10/28 do Aeroporto de Faro foi construída na década de 60. A mesma foi alvo de obras de beneficiação em 1980, 1990 e 2003.

A placa de estacionamento “A Sul” foi construída em 1965 e ampliada em 1970, nessa data foi também construído o caminho de circulação “A”. Ainda em 1965 foi construída a parte central do caminho de circulação “P” os caminhos: “D” (agora designado “F”); “C1” e “B”, que posteriormente, em 1990, foram reforçados.

Em 1988 o caminho de circulação “P” foi alvo de extensão de ambos os lados, este e oeste, a placa de estacionamento foi ampliada, dando origem à placa “A Norte” e construído o caminho de circulação “C”. A Placa “A Norte” sofreu ampliações em 1990.

Entre 2010 e 2011 foram beneficiados os caminhos “P”, “D” (agora “F” e “C2”). Em 2011 foram construídos os caminhos de circulação “E” e “D”, as placas de estacionamento Sul; Este; Norte e “M” e as saídas rápidas de “G” e “D”.

A construção e alterações do lado ar do Aeroporto de Faro ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E2.

¹³³ ANA, 2012, Relatório SGPA

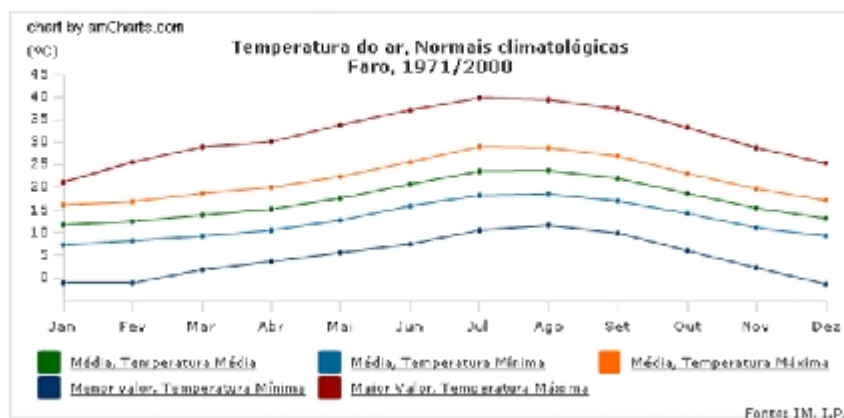
Ano	Intervenções
1965	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão betuminoso, com orientação nordeste/sudoeste, 100°-280° [10/28] com 2.490m de comprimento - Construção da placa de estacionamento “A Sul” - Construção dos caminhos de circulação “P”; “D” (agora “F”); “C1” e “B”
1970	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da placa de estacionamento “A Sul” - Construção do caminho de circulação “A”
1980	- Beneficiação da Pista 10/28
1988	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação do caminho de circulação “P” - Ampliação da placa de estacionamento “A”, as quais duraram até ao fim da década de 90, dando origem à placa de estacionamento “A Norte” - Construção do caminho de circulação “C2”
1990	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficiação da Pista 10/28” - Reforço dos caminhos de circulação “P”; “D” (agora “F”); “C1” e “B”
2003	- Beneficiação da Pista 10/28
2010/2011	<ul style="list-style-type: none"> - Construção dos caminhos de circulação “E” e “D” - Construção das placas de estacionamento Sul; Norte; Este e “M” - Construção das saídas rápidas de pista “G” e “D” - Beneficiação dos caminhos de circulação “P”; “D” (atual “F”) e “C2”

Figura E2 - Cronograma da vida do Aeroporto de Faro

E 1.1.2. Condições atmosféricas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - FARO

Estação: sinóptica, Número: 554, Localização: Lat.: 37°01'N, Lon.: 07°58'W, Alt.: 8m, Período de funcionamento: 01-08



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temperatura Máxima Diária (°C)													
Maior valor	21,2	25,6	28,9	30,1	33,8	37,1	39,8	39,4	37,4	33,3	28,8	25,4	39,8
Data	26/1960	27/1971	23/1992	28/1992	27/1972	26/1961	18/1975	09/1976	27/1983	08/1989	13/1977	28/1974	10/08/1975
Menor valor	8,0	9,5	11,8	13,0	15,2	18,8	21,2	22,8	19,1	15,3	12,0	9,2	8,0
Data	15/1965	14/1983	01/1993	05/1975	04/1978	06/1978	04/1988	28/1987	22/1994	22/1987	29/1977	30/1969	15/01/1985
Temperatura Mínima diária (°C)													
Maior valor	16,7	15,4	18,4	18,1	20,5	26,0	26,1	25,6	26,5	22,0	21,1	17,6	26,5
Data	01/1995	05/1979	30/1995	26/1994	31/1995	14/1963	15/1991	04/1990	27/1993	03/1988	01/1995	30/1999	27/1993
Menor valor	-1,2	-1,2	1,8	3,6	5,8	7,4	10,5	11,8	9,9	6	2,2	-1,4	-1,4
Data	16/1985	11/1983	12/1976	13/1986	04/1977	10/1977	17/1973	31/1974	23/1994	31/1974	23/1977	22/1979	22/1979
Número médio de dias com:													
Temperatura Máxima $\geq 30^{\circ}\text{C}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,9	11,8	10,1	3,6	0,2	0,0	0,0	29,1
Temperatura Máxima $\geq 25^{\circ}\text{C}$	0,0	0,0	0,3	1,5	5,6	15,3	27,7	29,2	23,1	6,0	0,3	0,1	109,1
Temperatura Máxima $\geq 20^{\circ}\text{C}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	9,6	6,7	4,0	0,7	0,1	0,0	24,8
Temperatura Mínima $\leq 0^{\circ}\text{C}$	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E3 – Temperaturas de Faro, entre 1971 e 2000

Faro apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -1,4°C e um máximo de 39,8°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - FARO

Estação: sinóptica; Número: 554; Localização: Lat: 37°01'N; Lon: 07°58'W; Alt: 8m; Período de funcionamento: 01-06

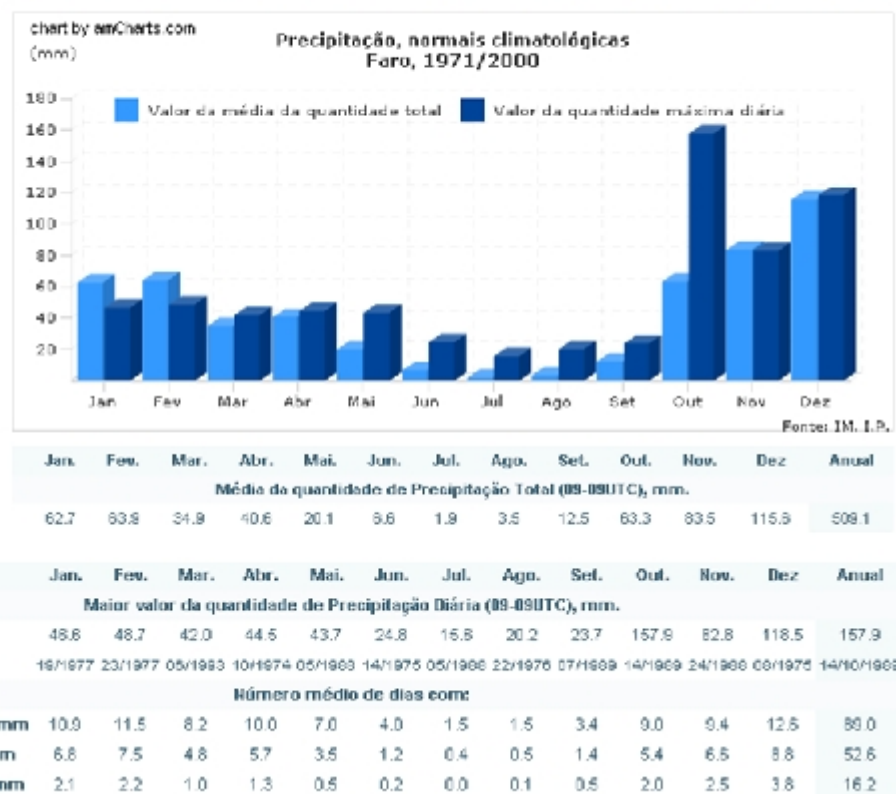
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E4 – Precipitação de Faro, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 509,1mm, o maior valor de precipitação diária foi 157,9mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 53.

E 1.1.3. Tráfego na Pista 10/28

A pista de Faro, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 45.000, que se traduz num número médio de 123 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 10/28 é da ordem dos 30/70. O maior número de aterragens acontece na Pista 28, em média com 43 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo a cada 3 meses e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 6 meses.

E 1.1.4. Características geométricas da Pista 10/28

A pista Aeroporto de Faro, designada 10/28, tem 2.490m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 15m.

E 1.1.5. Constituição do pavimento da Pista 10/28

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- Pk0+750: 10cm Desgaste + 6,5cm Regularização+ 8,5cm Base; Total MB 16,5cm
- Pk1+700: 6,5cm Desgaste + 11,5cm Regularização+ 10cm Base; Total MB 18cm
- Pk2+100: 8,5cm Desgaste + 11cm Regularização+ 9cm Base; Total MB 19,5cm

E 1.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeroporto de Faro foi realizada entre 21 e 25 de março de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório datado de 26/04/2012 ¹³⁴.

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma 135 para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E5:

¹³⁴ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹³⁵ ASTM, D 5340-11, 2011

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valcr	Classificação
AFR_SH_RWY_1028_1	Flexível	25805	57	6	51,2	Razoável
AFR_SH_RWY_1028_2	Flexível	10723	23	4	53,41	Razoável
AFR_SH_RWY_1028_3	Flexível	11287	25	4	66,74	Bom
AFR_SH_RWY_1028_4	Flexível	4505	10	2	89,46	Excelente
AFR_SH_RWY_1028_5	Flexível	11287	25	4	51,43	Razoável
AFR_SH_RWY_1028_6	Flexível	6407	14	3	41,43	Razoável
AFR_SH_RWY_1028_7	Flexível	7188	16	4	58,38	Bom
AFR_SH_RWY_1028_8	Flexível	4386	10	2	96,4	Excelente
AFR_SH_RWY_1028_9	Flexível	10796	24	4	81,69	Muito Bom
AFR_SH_RWY_1028_10	Flexível	22347	50	5	63,99	Bom
AFR_SH_RWY_1028_11	Flexível	10796	24	4	68,62	Bom
AFR_SH_RWY_1028_12	Flexível	23362	52	6	67,69	Bom

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

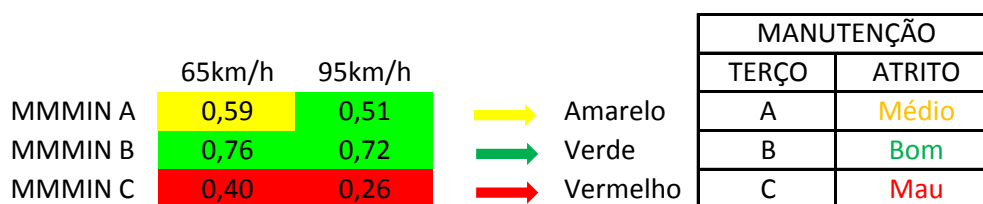
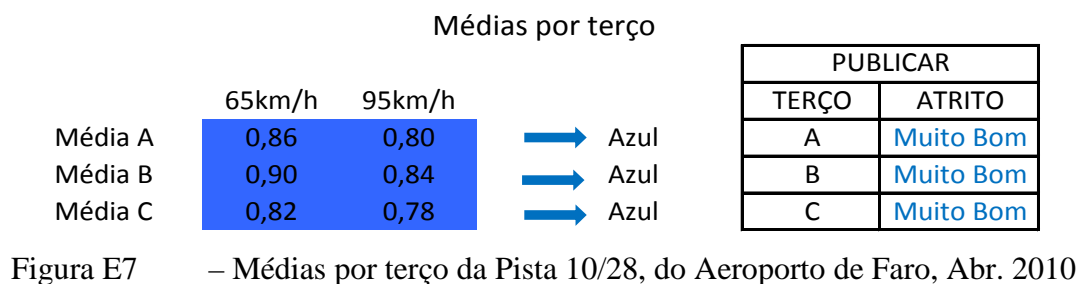
Figura E5 – Valores de PCI da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro



Figura E6 – PCIs da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro

E 1.2 Atrito

Da análise de dados do relatório referentes à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 10/28 do Aeroporto de Faro, realizada pela DIA/ANA em abril de 2010, observa-se que os resultados das médias por terço, quer das avaliações efetuadas a 65km/h, quer das avaliações efetuadas a 95km/h, apontam para valores de coeficiente de atrito Muito Bom, todos no patamar azul. Este relatório estabelece ainda a comparação com os resultados do atrito da campanha anteriormente realizada em 2009, relativamente aos quais constata um ligeiro decréscimo, ainda que pouco significativo, sem repercussão nos patamares, que se mantêm no azul.



AFR 10/28 ABR 2010

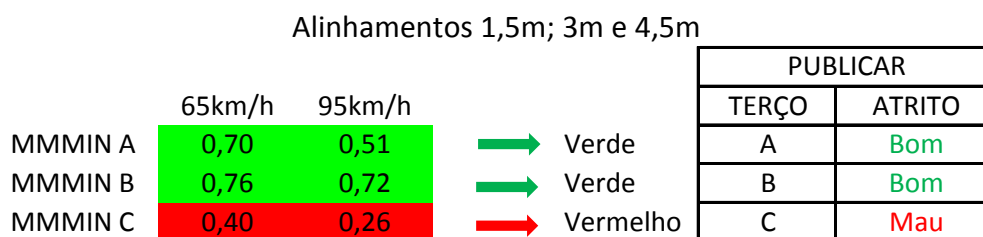
AFR 10/28 ABR 2010 **Emissão de NOTAM!**

Figura E8 – Médias Móveis por terço da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Abr. 2010

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/9/12m do eixo) constata-se que à velocidade de 65km/h o 1.º terço está no patamar amarelo, atrito Médio, o terço intermédio no patamar verde, atrito Bom o 3.º terço no patamar vermelho, atrito Mau, salientando-se o facto de neste último terço não ser apenas um valor de Média móvel, ou seja um troço com extensão de 100, que está no patamar vermelho, ou seja, não é apenas uma extensão de 100m com atrito inferior ao valor mínimo, o que se observa, é que no pior caso há 19 valores consecutivos de Média Móvel (280m) com um atrito inferior ao mínimo. Se analisados os mesmos alinhamentos, mas à velocidade de 95km/h, os valores das Médias Móveis por terço apontam para um coeficiente de atrito Bom, patamar verde, nos dois primeiros terços e para um coeficiente de atrito Mau, patamar vermelho, no 3.º terço. Note-se que os locais onde aparecem os valores de Médias Móveis com atrito inferior ao mínimo, são os mesmos.

Se apreciados apenas os alinhamentos centrais (1,5; 3 e 4,5m do eixo) a situação apenas melhora ligeiramente no 1.º terço a 65km/h, o qual passa de um patamar amarelo para um verde ou seja, de um atrito Médio para um atrito Bom, todos os outros se mantêm nos mesmos patamares, independentemente da velocidade de ensaio.

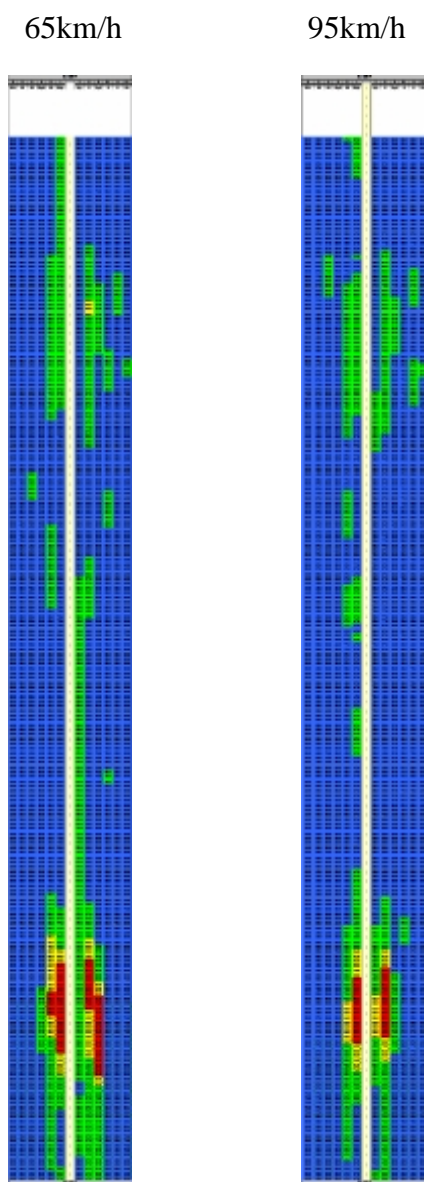


Figura E9 - Médias Móveis da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Abr. 2010

Comparados os resultados das médias com os das médias móveis, depreende-se que os valores das médias não refletem fidedignamente a realidade da condição de atrito da pista, o que se confirma quer da observação das fotos da pista tiradas nessa altura (pista com grande acumulação de borracha) quer das medidas adotadas pelo aeroporto que face à necessidade efetuou uma campanha de remoção de borracha em março de 2011.



Figura E10 - Foto da acumulação de borracha na Pista 10/28, em novembro de 2010

Para além da campanha de remoção de borracha e da publicação de que o atrito da pista era Bom nos primeiros dois terços e Mau no último, deveria ter sido emitido um NOTAM a informar que no 3.º terço a pista se podia tornar escorregadia quando molhada.

Para além do manifesto problema da acumulação de borracha, que se reflete nos resultados do atrito à velocidade mais baixa, também se observam valores de atrito baixos a velocidades elevadas, no entanto, tal acontece no mesmo local. Esta situação leva a questionar se a acumulação de borracha também não influencia os resultados dos ensaios a velocidades mais elevadas. Para perceber melhor os resultados destes ensaios, complementarmente deveriam ser feitos ensaios de Pêndulo Britânico e de Técnica Volumétrica da Mancha.

Após a campanha de remoção de borracha realizada em abril de 2011, em novembro do mesmo ano foi efetuada nova campanha de avaliação do atrito em contínuo. Nesta campanha os valores das médias mantêm-se no patamar azul, o que seria no mínimo, o expectável atendendo a que entretanto a pista foi limpa. Contudo no relatório dessa campanha, com o intuito da salvaguarda da segurança é aconselhado a que se publiquem não os valores das médias por terço mas os valores médios mais baixos por terço obtidos a 65km/h, os quais apontam em todos os terços para o patamar verde.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,86	0,83	→	Azul	A	Muito Bom
Média B	0,86	0,84	→	Azul	B	Muito Bom
Média C	0,84	0,82	→	Azul	C	Muito Bom

Figura E11 – Médias por terço da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Nov. 2011

Para efeitos de publicação consideram, no relatório, o valor médio mais baixo por terço a 65km/h que corresponde a:

	65km/h			
Média A	0,66	→	Verde	
Média B	0,62	→	Verde	
Média C	0,77	→	Verde	

PUBLICAR	
TERÇO	ATRITO
A	Bom
B	Bom
C	Bom

Figura E12 – Valores aconselhados no relatório para efeitos de publicação, Nov. 2011

	65km/h	95km/h		
MMMIN A	0,62	0,54	→	Verde
MMMIN B	0,52	0,61	→	Amarelo
MMMIN C	0,44	0,43	→	Vermelho

MANUTENÇÃO	
TERÇO	ATRITO
A	Bom
B	Médio
C	Mau

AFR 10/28 NOV 2011

Alinhamentos 1,5m; 3m e 4,5m

	65km/h	95km/h		
MMMIN A	0,66	0,54	→	Verde
MMMIN B	0,77	0,72	→	Verde
MMMIN C	0,44	0,43	→	Vermelho

PUBLICAR	
TERÇO	ATRITO
A	Bom
B	Bom
C	Mau

AFR 10/28 NOV 2011 **Emissão de NOTAM!**

Figura E13 – Médias Móveis por terço da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Nov. 2011

Quanto aos valores das Médias Móveis o que se observou, em termos de patamares é que apenas se registaram melhorias, a 65km/h no primeiro patamar, que passou de amarelo a verde e a 95km/h o último patamar que passou de vermelho para amarelo (note-se que a limpeza fez melhorar o valor do atrito a 95km/h). Contudo, também se observou a descida de patamar do terço intermédio, a 65km/h, quando considerados todos os alinhamentos, o que se pode explicar por este valor incluir o alinhamento do eixo que neste ensaio também foi avaliado, ou pelo facto de a limpeza poder ter incidido mais nos terços das extremidades que eram aqueles onde havia maior acumulação de borracha. Assim, em termos de publicação nada muda, continuando a dever publicar-se que o atrito é Bom nos: 1.º e 2.º terços e Mau no último terço. Continua a ser necessária a emissão de um NOTAM a divulgar que no 3.º terço a pista pode tornar-se escorregadia quando molhada, verificando-se também a necessidade da adoção de medidas corretivas, estas medidas deveriam passar pela limpeza do 3.º terço e também do terço intermédio, neste último particularmente no eixo da pista que é onde

aparecem os valores de Média Móvel no patamar amarelo. Não obstante e face ao quadro dos resultados, visando o aumento do coeficiente de atrito, que se afirma como um problema recorrente, deveriam ser promovidas campanhas de avaliação de atrito pontual, e de avaliação da macrotextura, conforme anteriormente já referido, para perceber se o problema se deve apenas à falta de limpeza/acumulação de borracha e se assim não for procurar outras origens e planear outros tipos de intervenção, de modo a que os valores, pelo menos não desçam do nível mínimo.

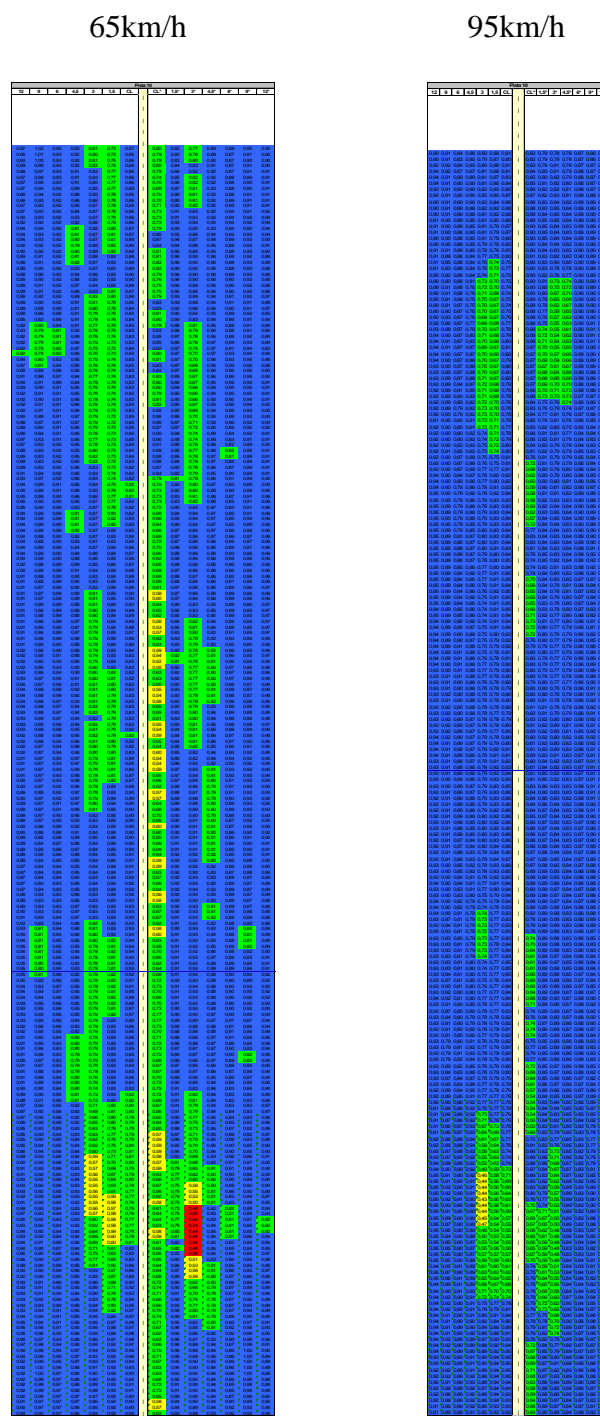


Figura E14 - Médias Móveis da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Nov. 2011

Contudo, face aos resultados foi efetuada uma limpeza, em janeiro de 2012. Esta limpeza foi mais ligeira, realizada com meios internos, não tão eficaz como as habituais campanhas de remoção de borracha. Em fevereiro foi realizada nova campanha de avaliação de atrito em contínuo.



Figura E15 – Médias por terço da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Fev. 2012

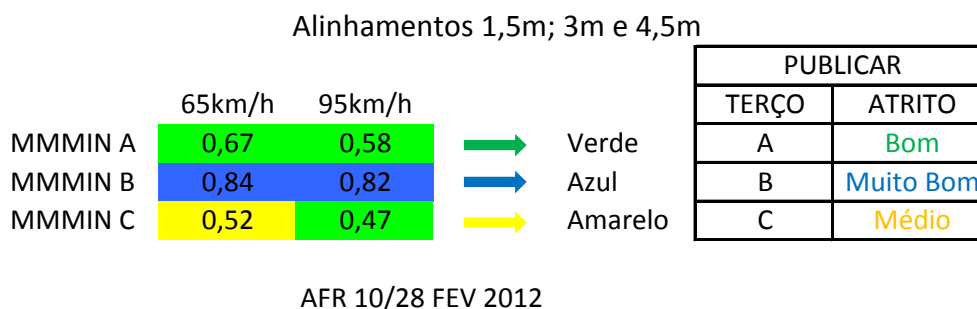
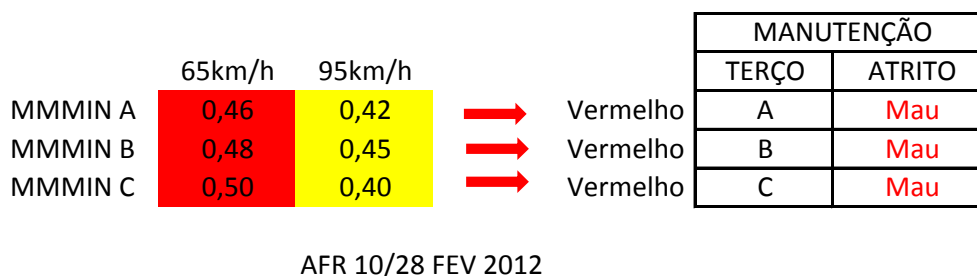


Figura E16 – Médias Móveis por terço da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Fev. 2012

Os resultados revelaram melhorias que, em termos de patamar apenas se refletiram nos 2.º e 3.º terços, quando considerados apenas alinhamentos centrais, para ambas as velocidades ensaiadas, os quais passam de um valor Bom a um valor Muito Bom, e de um valor Mau a um valor Médio, respetivamente. Sendo que quando contemplados todos os alinhamentos, os valores pioram no primeiro e segundo terços, os quais passam de um atrito Bom e um atrito médio, respetivamente, para um atrito Mau em ambos os terços, ainda neste caso o último terço mantém-se num valor de atrito Mau. Esta situação explica-se pelo facto de o eixo estar em pior condição do que na última campanha.

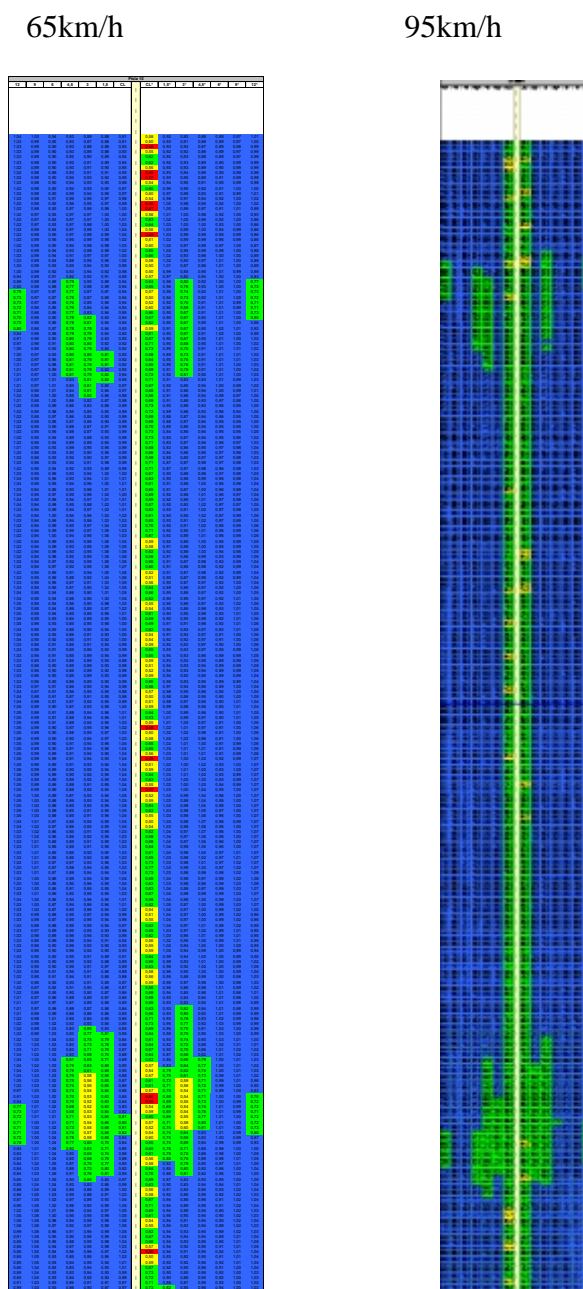


Figura E17 - Médias Móveis da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro, Fev. 2012

Face às constatações deverá ser publicado que a pista de Faro tem um atrito Bom no 1.º terço, um atrito Muito Bom no terço intermédio e um atrito Médio no 3.º terço e em termos de manutenção precisam de programar nova campanha de remoção de borracha a qual deverá incidir com especial ênfase ao longo do eixo da pista. Para além da campanha de remoção de borracha ao longo do eixo da pista também deverão ser revistas as características da tinta utilizada na sinalização diurna (pinturas) da pista, as quais poderão estar a contribuir para os maus valores de coeficiente de atrito obtidos.

E 1.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹³⁶, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, num total de sete alinhamentos.

A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

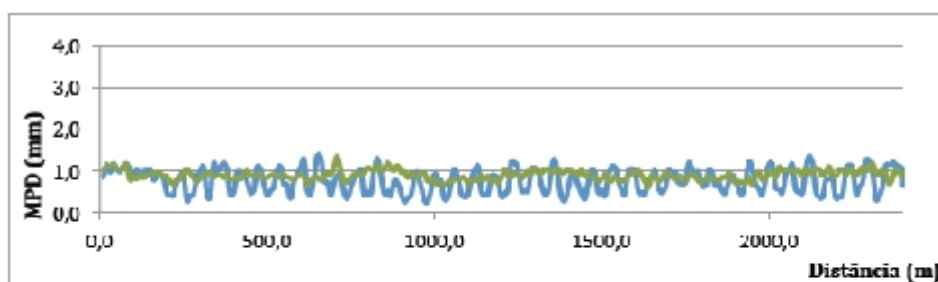


Figura 44 - Textura MPD - Alinhamento 0m

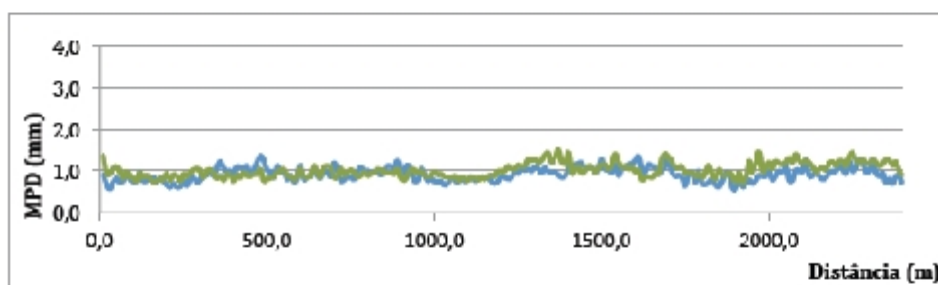


Figura 45 - Textura MPD - Alinhamento +4m

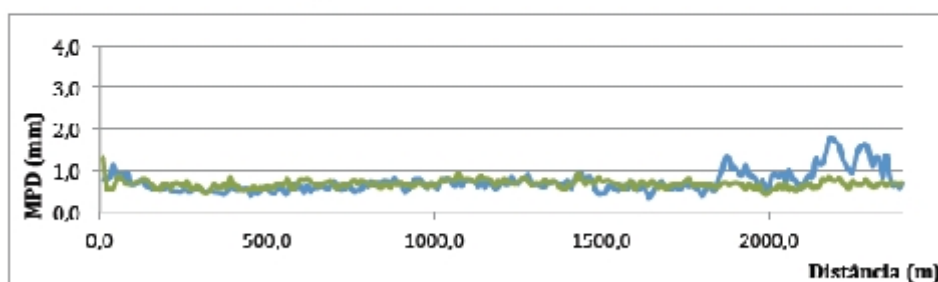


Figura 46 - Textura MPD - Alinhamento +10m

¹³⁶ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

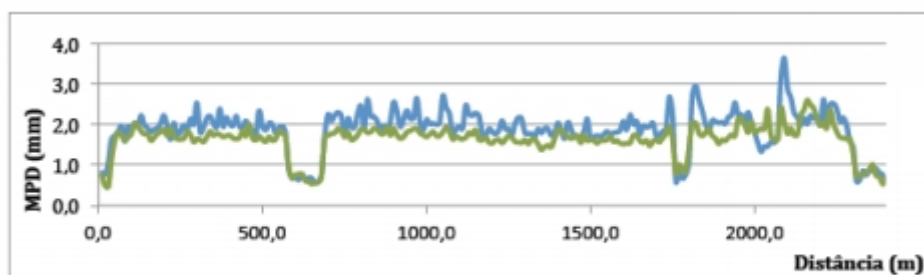


Figura 47 - Textura MPD - Alinhamento +20m

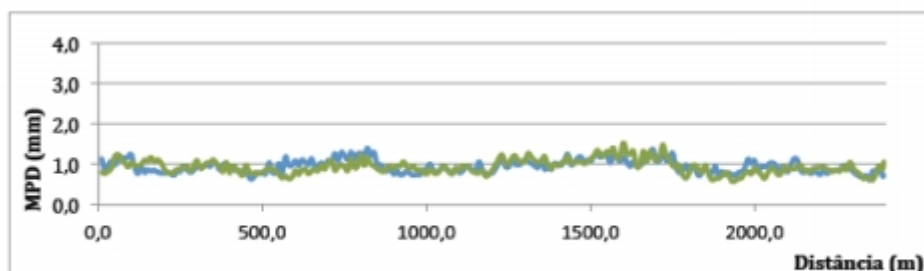


Figura 48 - Textura MPD - Alinhamento -4m

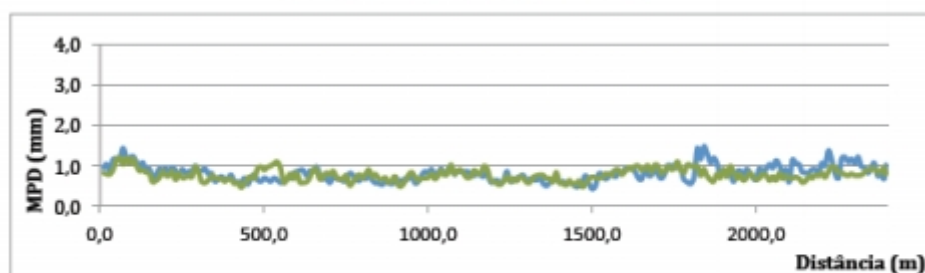


Figura 49 - Textura MPD - Alinhamento -10m

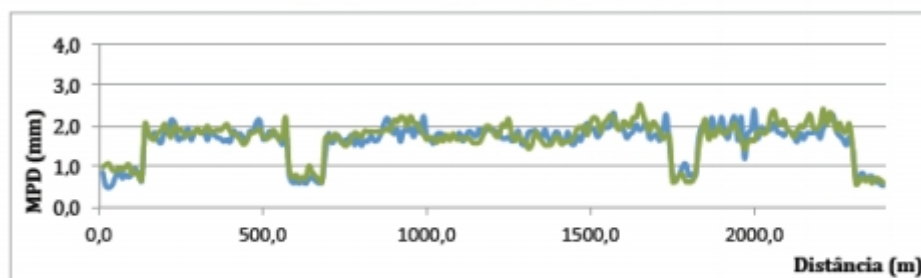


Figura 50 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E18 – Valores de textura MPD da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro

Os valores da MPD situam-se entre os 0,2mm e os 3,8mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹³⁷ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹³⁸

¹³⁷ FAA, AC 150/5320-12, C, 1997

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.24})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha, o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

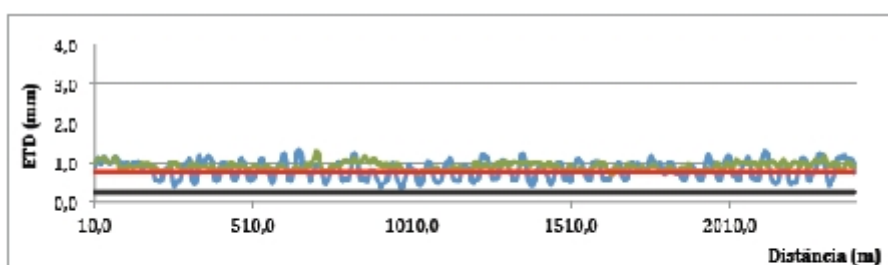


Figura 86 - Profundidade de Textura - Alinhamento 0m

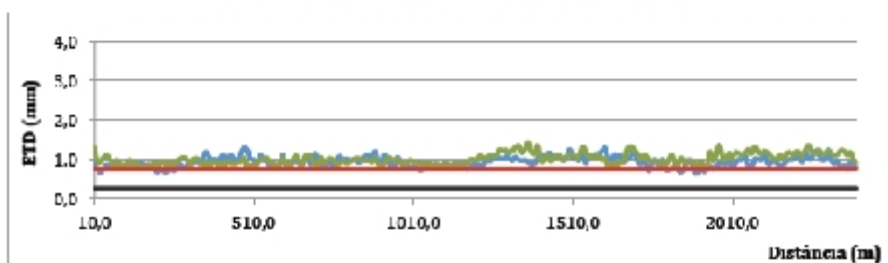


Figura 87 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

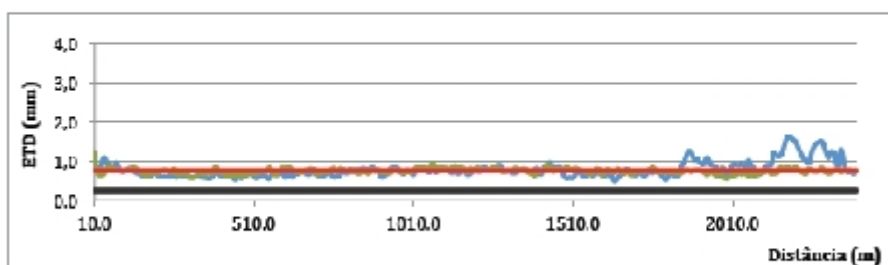


Figura 88 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

¹³⁸ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

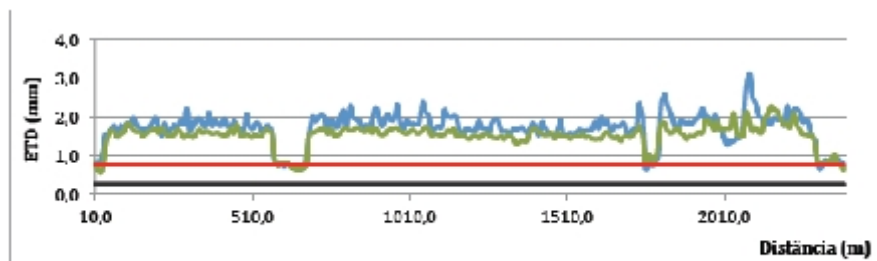


Figura 89 - Profundidade de Textura – Alinhamento +20m

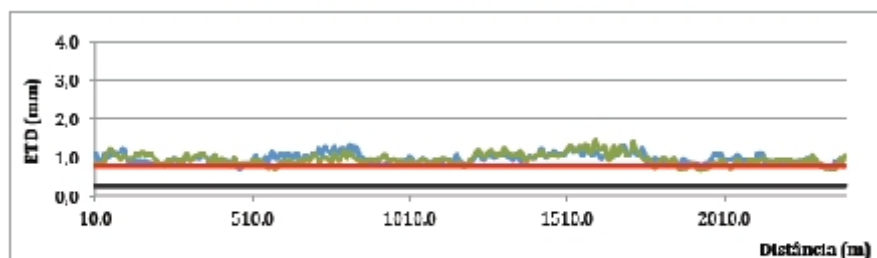


Figura 90 - Profundidade de Textura - Alinhamento 4m

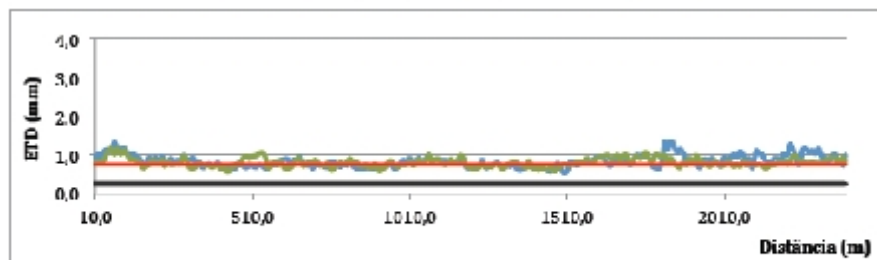


Figura 91 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

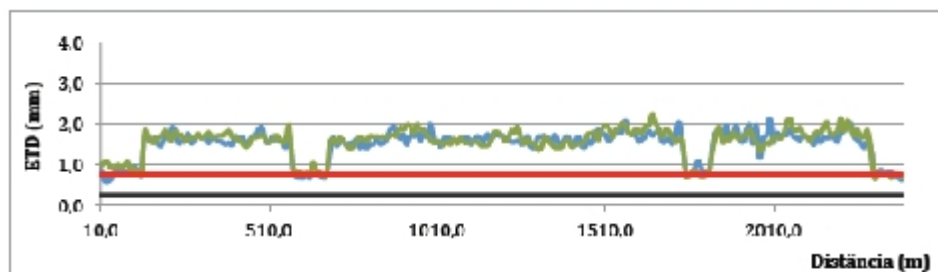


Figura 92 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E19 – Valores de textura ETD da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, no entanto, ao longo do eixo e nos alinhamentos mais próximos deste há muitos valores em torno e abaixo dos 0,76, que justificam que se proceda a intervenções para reabilitação deste parâmetro.

E 1.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilómetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a

4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

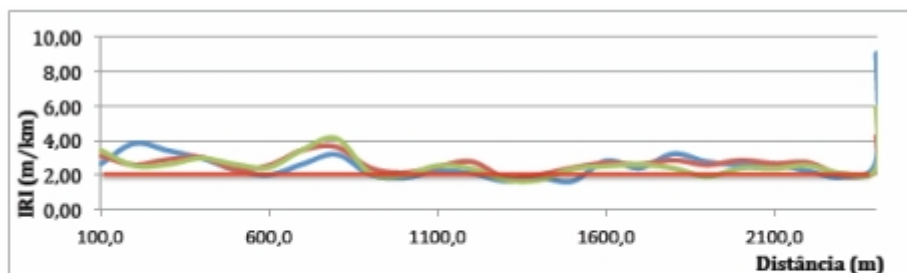


Figura 7 - IRI - Alinhamento 0m

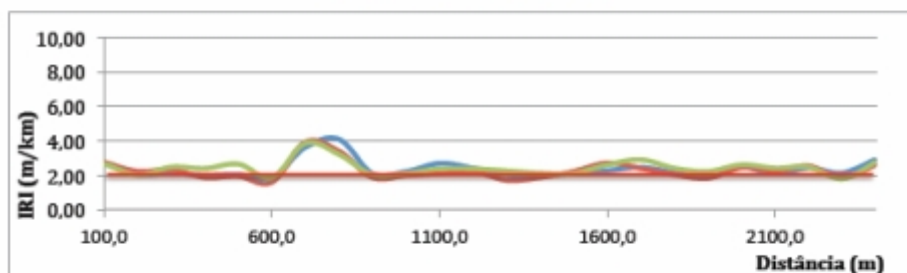


Figura 8 - IRI - Alinhamento +4m

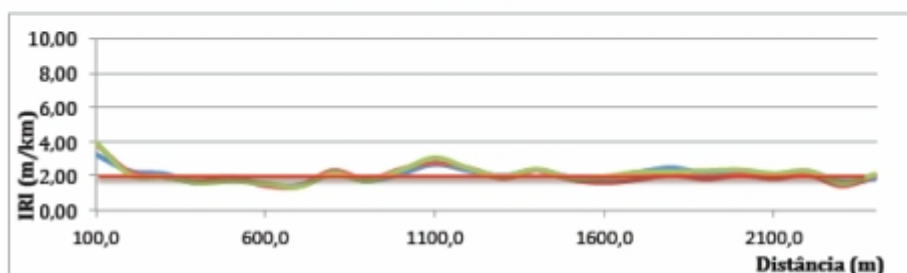


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

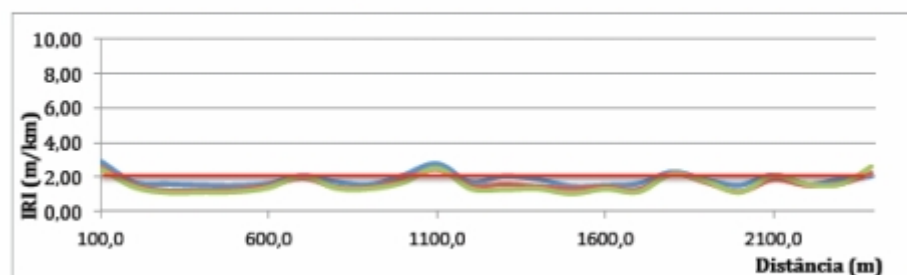


Figura 10 - IRI - Alinhamento +20m

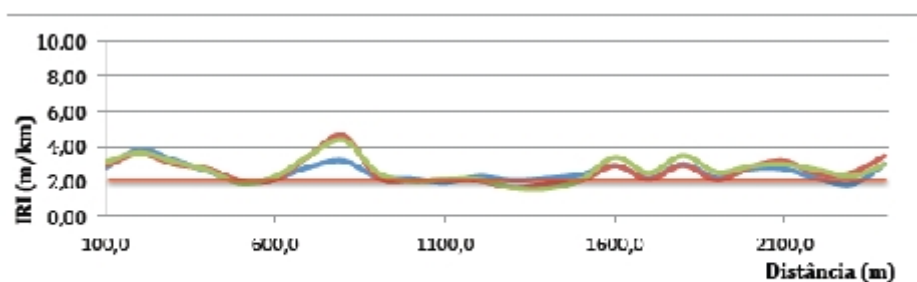


Figura 11 - IRI - Alinhamento -4m

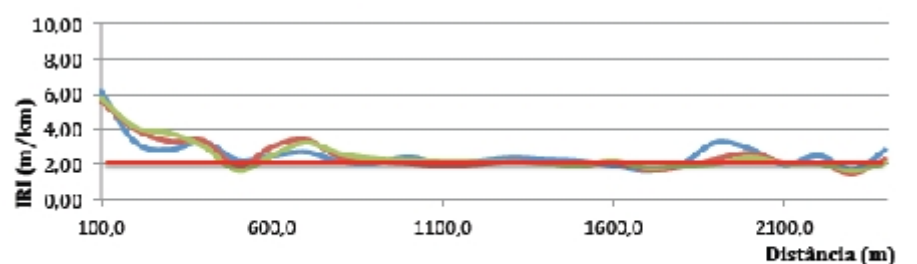


Figura 12 - IRI - Alinhamento -10m

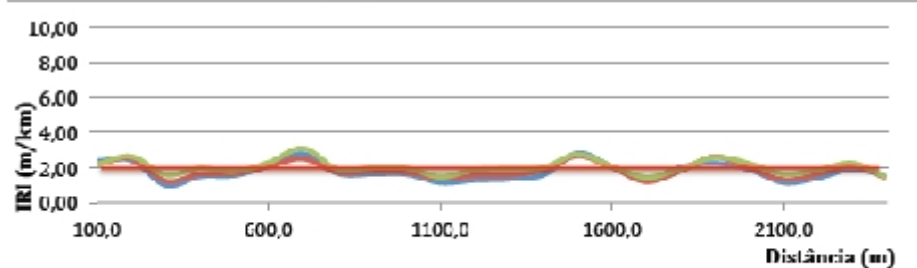


Figura 13 - IRI - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E20 - Valores de IRI da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,25m/km. Note-se que todos os valores, excetuando os dos alinhamentos mais afastados do eixo excedem o limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação A Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 10 28	1,87	2,50	2,58	2,68	2,37	2,09	1,66	2,25

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E21 - Valor do IRI da Pista 10/28, do Aeroporto de Faro

E 1.5 Contaminação

A Pista 10/28 do Aeroporto de Faro manifesta um problema de contaminação com borracha, a qual, face à repartição de tráfego 30/70 se agrava na zona de toque da pista 28. Esta situação acontece face ao considerável número de aterragens por dia que aí acontece, em média 43, que dita que as avaliações do atrito em contínuo ocorressem de 3 em 3 meses e que as operações de remoção de borracha da pista acontecessem de 6 em 6 meses, no entanto, o que acontece é uma avaliação de 6 em 6 meses e operações de remoção de borracha uma vez por ano. Assim sendo, como a acumulação de borracha para além de afetar a conspicuidade da sinalização diurna também tem efeitos adversos no coeficiente de atrito, pelo que será desejável aumentar a periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e de remoção da borracha da pista.

E 1.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 10/28 do Aeroporto de Faro é Bom no 1.º terço; Muito Bom no 2.º terço e Médio no 3.º terço.

Complementarmente à publicação relativa ao coeficiente de atrito, face aos resultados de avaliação deste parâmetro, assim como da textura a qual é fechada a muito aberta (Ca E), com muitos valores de ETD/MTD abaixo dos 0,76, e da contaminação ditam que se desenvolvam com maior frequência campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e de remoção de borracha, as quais implicarão também que se angariem verbas para proceder a pinturas da pista com maior frequência, pinturas que deverão ser realizadas com tintas próprias, que não agridam o pavimento e que não contribuam para a diminuição do atrito da pista. Note-se que o PCI da pista, apresenta resultados de 51% no patamar Bom, mas de 36% no patamar Razoável.

Quanto à irregularidade, muito embora o parâmetro do IRI esteja para além do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo, em média igual a 2,25, com um máximo de 2,68, é ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 2. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AERÓDROMO DAS FLORES

E 2.1 Diagnóstico

E 2.1.1. Dados históricos do Aeródromo das Flores



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E22 – Vista em planta do Aeródromo das Flores

Segundo o Relatório SGPA de 26/04/2012 ¹³⁹, a primeira operação na pista das Flores aconteceu em 1968, tendo a pista uma extensão pavimentada de 600m, mais cerca de 200m em terra batida. No ano seguinte a pista foi oficialmente inaugurada e contava com 810m de comprimento, com uma camada de desgaste com uma textura muito rugosa.

No ano de 1971 a pista foi ampliada para 1.130m de comprimento, 30m de largura mais bermas de 5m. Neste ano foi também construída a placa de estacionamento com 100mx50m, e um caminho de ligação entre a placa e a pista, com 70m de comprimento e 15m de largura. O Aeródromo das Flores foi inaugurado em 1972.

Em 1992 a pista foi novamente ampliada, para os atuais 1.400m (1.290m entre soleiras) e reforçada a extensão de pista existente.

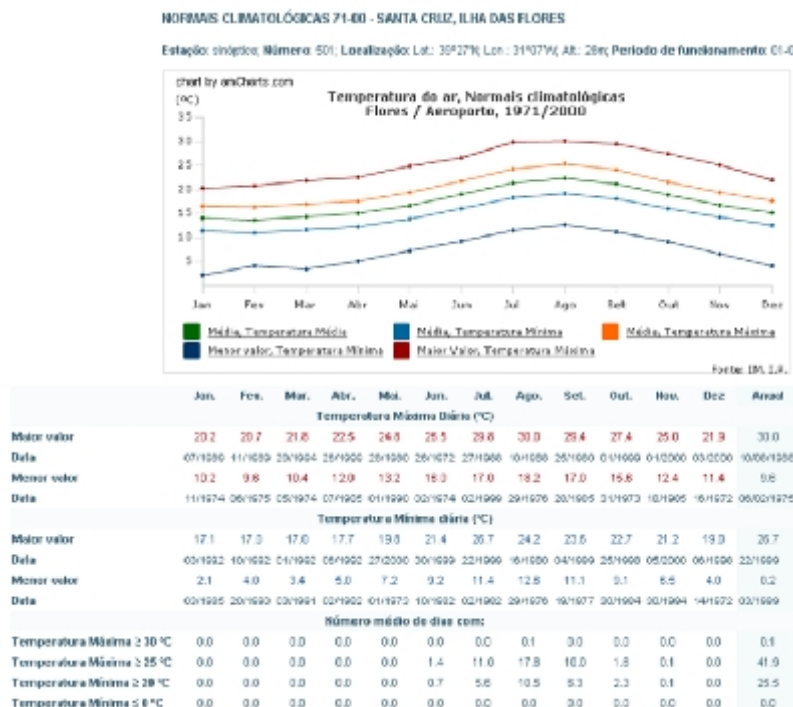
A construção e alterações do lado ar do Aeródromo das Flores ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E23:

¹³⁹ ANA, 2012, Relatório SGPA

Ano	Intervenções
1968	- Construção da pista das Flores, em betão betuminoso, com orientação Norte/Sul 180°-360° [18/36] com 600m de pista pavimentada, mais 200m em terra batida
1969	- Extensão da pista para 810m pavimentados
1971/72	- Ampliação da pista para 1.130m de comprimento, 30m de largura e 5m de berma. - Construção da placa de estacionamento com 100mx50m - Construção do caminho de circulação entre a pista e a placa de estacionamento com 70m de comprimento e 15m de largura - Inauguração do Aeródromo das Flores
1992	- Extensão da pista para os atuais 1.400m de comprimento e reforço da extensão de pista existente

Figura E23 – Cronograma da vida do Aeródromo das Flores

E 2.1.2. Condições atmosféricas



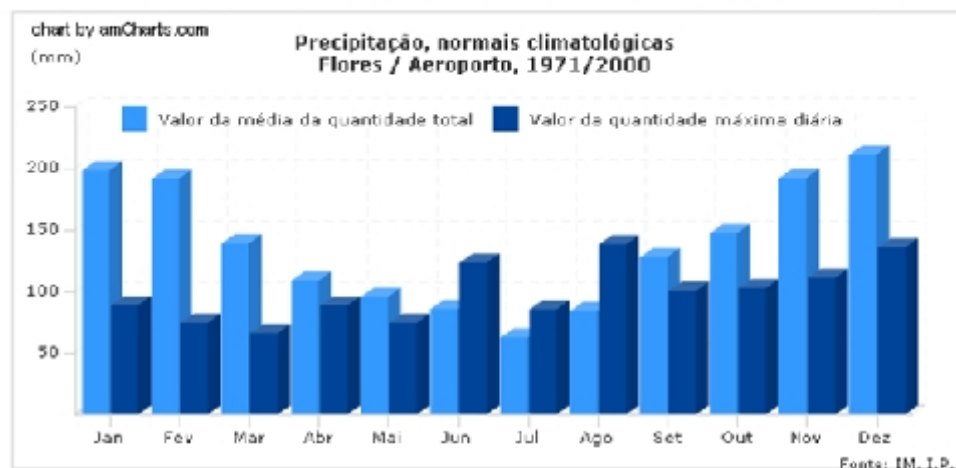
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E24 – Temperaturas de Santa Cruz das Flores, entre 1971 e 2000

A ilha das Flores apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 0,2°C e um máximo de 30°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - SANTA CRUZ, ILHA DAS FLORES

Estação: sinótica, Número: 501, Localização: Lat.: 39°27'N; Lon.: 31°07'W; Alt.: 28m, Período de funcionamento: 01-01



Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (09-09UTC), mm.												
158.0	131.3	138.9	108.8	95.5	85.7	82.6	83.9	127.5	147.1	131.9	210.9	1642.1

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (09-09UTC), mm.													
Maior valor	88.8	74.4	66.1	85.6	74.3	123.2	85.4	138.2	100.4	102.6	111.0	135.7	138.2
Data	14/1979	22/1990	18/1991	25/1973	11/1979	18/1989	12/1972	30/1973	02/1981	07/1992	16/1970	08/1980	30/08/1973
Número médio de dias com:													
Diária (09-09 UTC) >= 0,1mm	23.9	22.0	21.1	18.6	18.6	15.7	15.0	16.4	19.7	21.9	22.1	24.7	239.7
Diária (09-09 UTC) >= 1mm	16.6	15.8	15.3	12.0	10.2	8.9	7.7	9.6	12.5	14.4	15.4	18.1	157.5
Diária (09-09 UTC) >= 10mm	6.7	5.9	4.7	3.5	3.2	2.5	1.6	2.5	3.9	4.4	5.3	6.4	62.1

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E25 – Precipitação de Santa Cruz das Flores, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 1642,1mm, o maior valor de precipitação diária foi 138,2mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 158.

E 2.1.3. Tráfego na Pista 18/36

A pista das Flores, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 1.500, que se traduz num número médio de 4 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 18/36 é da ordem dos 70/30. O maior número de aterragens acontece na Pista 18, em média com 2 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações

do atrito em contínuo uma vez por ano e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 2.1.4. Características geométricas da Pista 18/36

A pista do Aeródromo das Flores, designada 18/36, tem 1.400m de comprimento, 30m de largura mais bermas de 5m. A pista tem entre soleiras 1.290m, estando a soleira 18 deslocada 60m e a soleira 36 deslocada 55m.

E 2.1.5. Constituição

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- Pk0+250: 4,8cm Desgaste + 8,9cm Regularização e Base; Total MB 13,7cm;
- Pk0+325: 6cm Desgaste + 7,2cm Regularização e Base; Total MB 13,2cm;
- Pk0+400: 6,2cm Desgaste + 7,7cm Regularização e Base; Total MB 13,9cm;
- Pk0+825: 4,7cm Desgaste + 8,2cm Regularização e Base; Total MB 12,9cm.

E 2.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeródromo das Flores foi realizada nos dias 28 e 29 de junho de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório datado de 26/04/2012 ¹⁴⁰. Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma¹⁴¹ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

¹⁴⁰ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹⁴¹ ASTM, D 5310-11, 2011

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E26:

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
AFL_SH_RWY_1836_1	Flexível	8452	19	4	51,38	Razoável
AFL_SH_RWY_1836_2	Flexível	1420	3	1	47,82	Razoável
AFL_SH_RWY_1836_3	Flexível	2530	6	2	34,86	Pobre
AFL_SH_RWY_1836_4	Flexível	767	2	1	31,95	Pobre
AFL_SH_RWY_1836_5	Flexível	6076	14	3	77,56	Muito Bom
AFL_SH_RWY_1836_6	Flexível	17246	38	4	31,26	Pobre
AFL_SH_RWY_1836_7	Flexível	25195	55	6	36,10	Pobre

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E26 – Valores de PCI da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

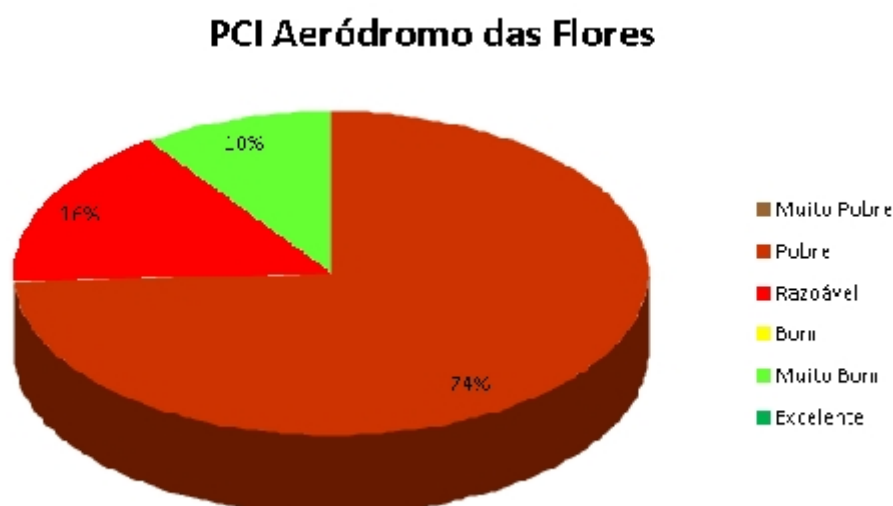


Figura E27 – PCIs da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

E 2.2 Atrito

O relatório da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 18/36 do Aeródromo das Flores, realizada pela DIA/ANA em setembro de 2009, apresenta em valores médios do coeficiente de atrito, por terço da pista, quer para os ensaios realizados a 65km/h quer para os

ensaios realizados a 95km/h, Muito Bons, no patamar azul. Na comparação que este relatório faz com os valores de coeficiente de atrito obtidos na anterior campanha de atrito realizada, em setembro de 2008, concluí que a condição do pavimento, relativamente a este parâmetro se mantém.

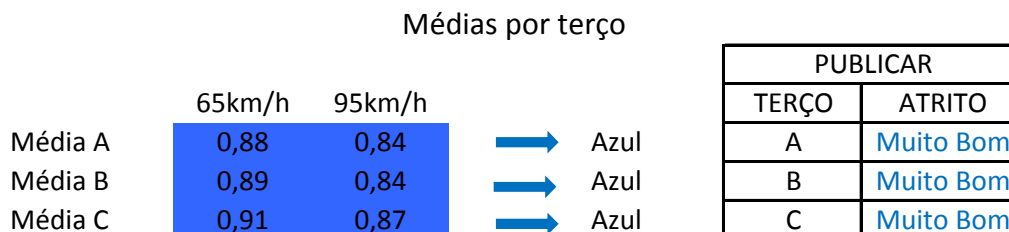
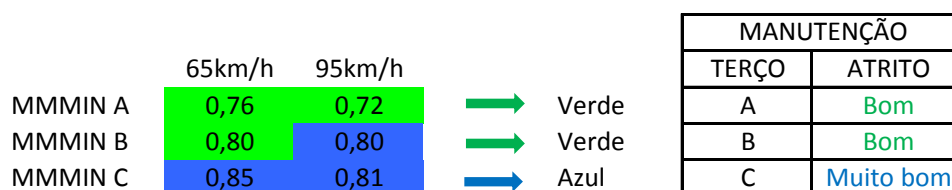


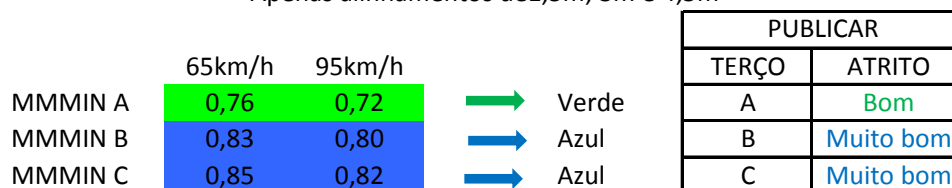
Figura E28 – Médias por terço da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores, Set. 2009

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/9/12m do eixo) tem-se que à velocidade de 65km/h os dois primeiros terços estão no patamar verde, atrito Bom e o último terço está no patamar azul, atrito Muito Bom. Se analisados os mesmos alinhamentos, mas à velocidade de 95km/h, os valores das Médias Móveis por terço apontam para um coeficiente de atrito Bom no primeiro terço e para um valor Muito Bom nos outros dois terços da pista.



AFL 18/36 SET 2009

Apenas alinhamentos de 1,5m; 3m e 4,5m



AFL 18/36 SET 2009

Figura E29 – Médias Móveis por terço da Pista 18/36, Aeródromo das Flores, Set. 2009

Se apreciados apenas os alinhamentos centrais, (1,5; 3 e 4,5m do eixo) tem-se quer a 65km/h quer a 95km/h o primeiro terço apresenta um valor Bom e os outros dois terços, um valor de atrito Muito Bom, resultados mais próximos dos obtidos com os valores das médias e também consentâneos com o que se observa nos gráficos de cor onde o predominante é o azul.

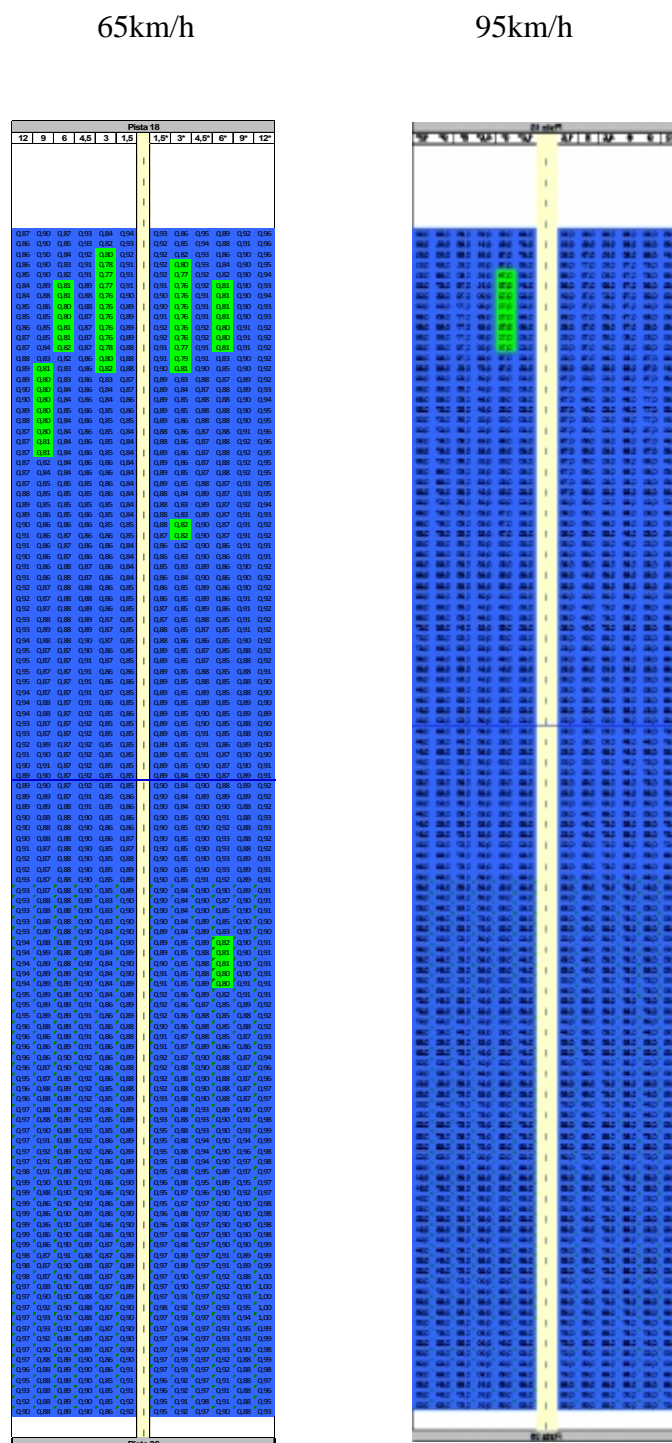


Figura E30 - Médias Móveis da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores, Set. 2009

Assim, para efeitos de publicação deveria ter sido divulgado que a pista das Flores tinha um atrito Bom no 1.º terço e um atrito Muito Bom nos: 2.º e 3.º terços.

Dois anos depois, em setembro de 2011 a ANA realizou nova campanha de avaliação do atrito em contínuo neste Aeródromo. Nesta campanha também já foi avaliado o eixo da pista.



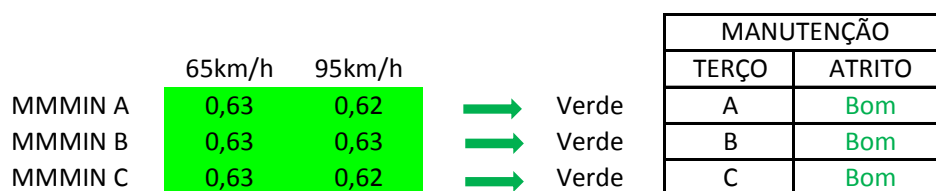
Figura E31 – Médias por terço da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores, Set. 2011

Quando analisados os valores das médias por terço, observa-se, para ambas as velocidades, o decréscimo dos valores relativamente aos da campanha anterior. Em termos de patamar esta situação reflete-se para os ensaios realizados a 65km/h cujo patamar, anteriormente se situava no azul e agora se passa a situar no verde. O relatório considera, que para efeitos de publicação deveriam ser escolhidos os valores médios mais baixos, por terço, que conduzem a uma avaliação de atrito Bom em todos os terços.

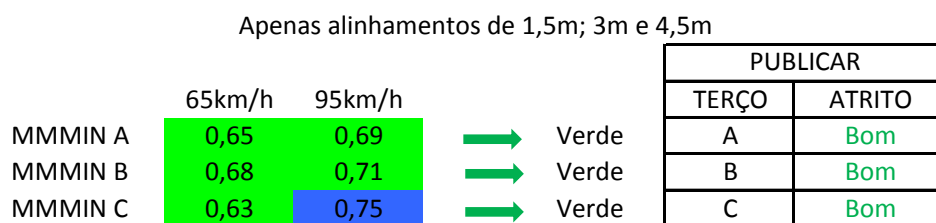
Para efeitos de publicação consideram, no relatório, o valor médio mais baixo por terço a 65km/h que corresponde a:



Figura E32 – Valores sugeridos para publicação no relatório, Set. 2011



AFL 18/36 SET 2011



AFL 18/36 SET 2011

Figura E33 – Médias Móveis por terço da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores, Set. 2011

Quando apreciados os valores das Médias Móveis referentes a esta campanha, considerando todos os alinhamentos avaliados, incluindo o eixo da pista, observa-se para ambas as velocidades que todos os valores se situam no patamar verde. Quando apenas contemplados na análise os alinhamentos centrais com exceção do eixo, com exceção do 3.º terço a 95km/h que se apresenta no patamar azul, todos os outros estão no patamar verde.

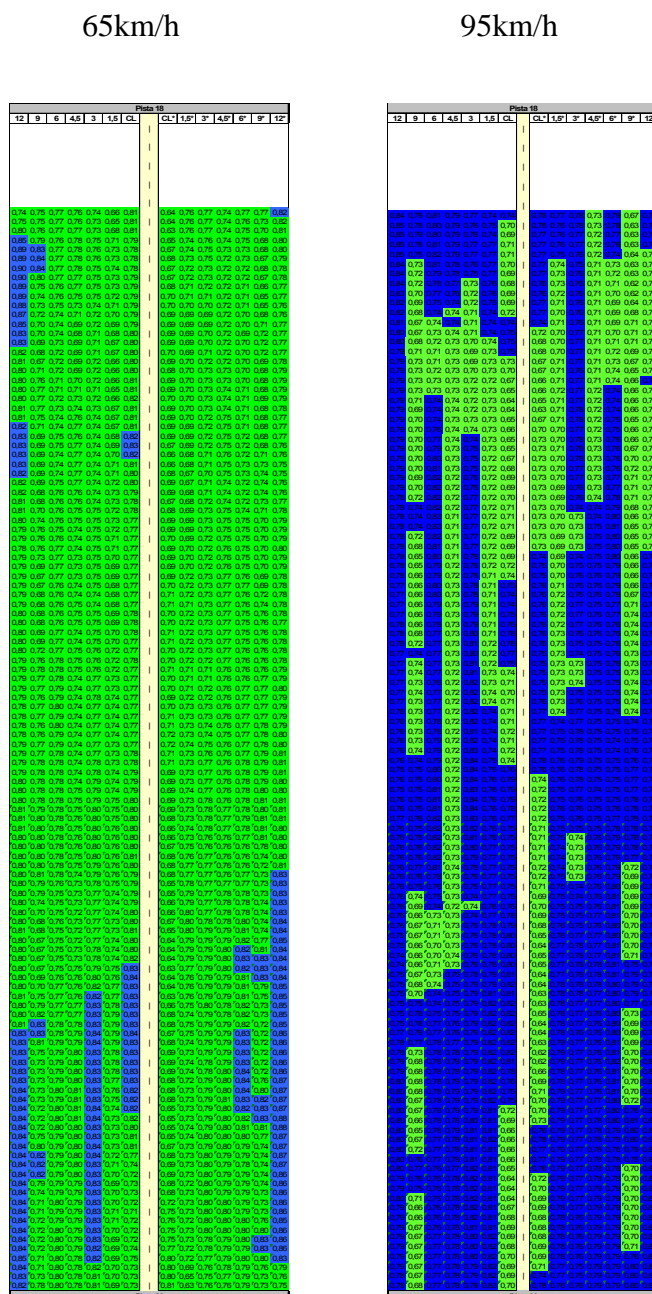


Figura E34 - Médias Móveis da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores, Set. 2011

Assim, para efeitos de publicação o que deverá ser divulgado é que a pista do Aeródromo das Flores tem um atrito Bom em todos os terços. Face aos resultados obtidos, para além da publicação do valor, nada mais há a fazer relativamente ao atrito, pois não se consubstanciam quaisquer preocupações quanto ao parâmetro, o mesmo deve no entanto, continuar a ser

avaliado em conformidade com o planejamento de campanhas de avaliação institucionalmente estabelecido.

E 2.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁴², do eixo e de alinhamentos a 4, 10 metros do eixo de ambos os lados da pista, cinco alinhamentos portanto.

A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

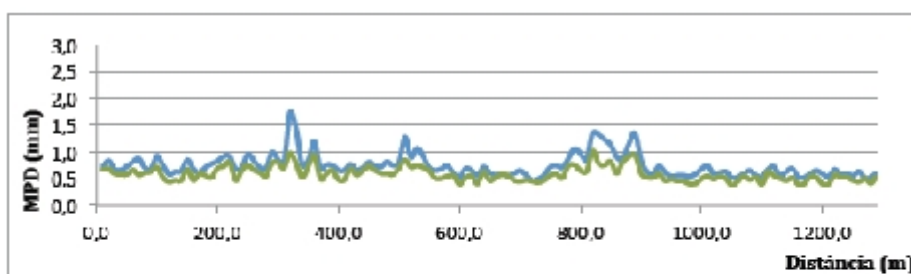


Figura 12 - Textura MPD - Alinhamento 0m

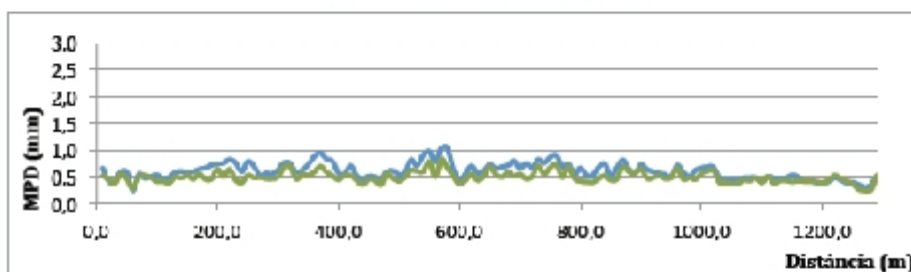


Figura 13 - Textura MPD - Alinhamento +4m

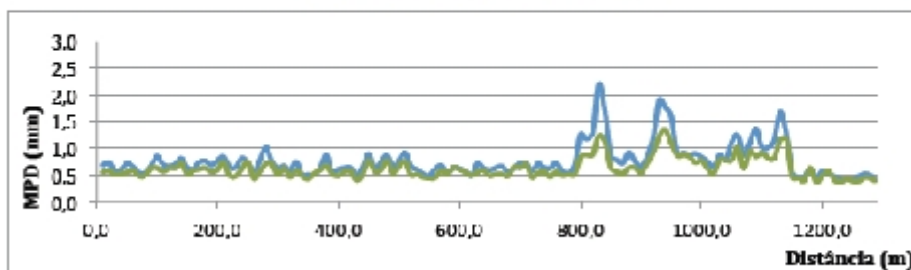


Figura 14 - Textura MPD - Alinhamento +10m

¹⁴² IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

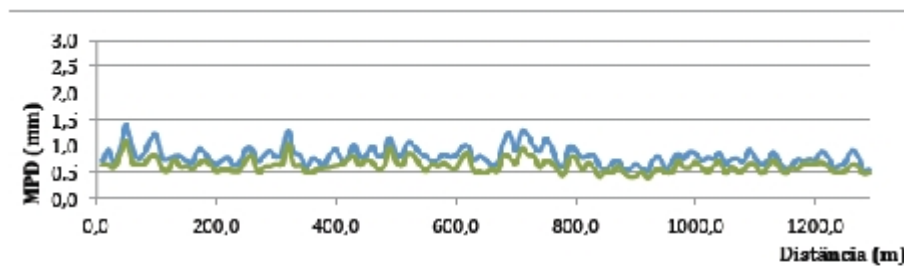


Figura 15 - Textura MPD - Alinhamento -4m

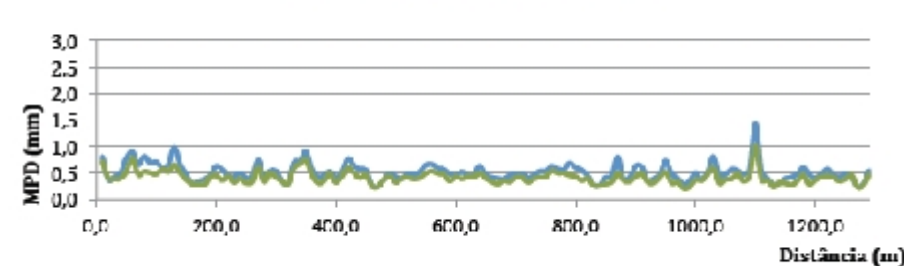


Figura 16 - Textura MPD - Alinhamento -10m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E35 – Valores de textura MPD da Pista 18-36, do Aeródromo das Flores

Os valores da MPD situam-se entre os 0,25mm e os 2,25mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁴³ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁴⁴.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.25})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

¹⁴³ FAA, AC-150/5320-12c, 1997

¹⁴⁴ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

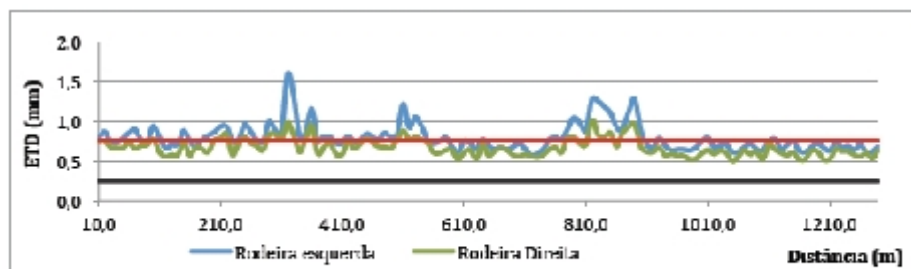


Figura 20 Profundidade de Textura Alinhamento 0m

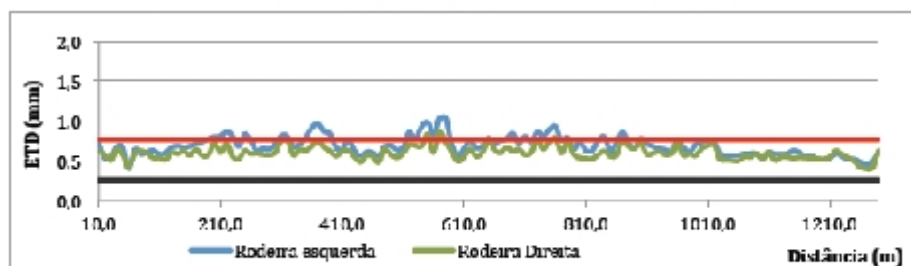


Figura 21 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

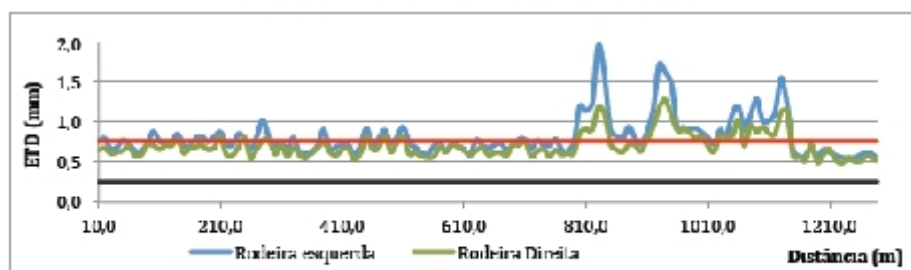


Figura 22 Profundidade de Textura Alinhamento +10m

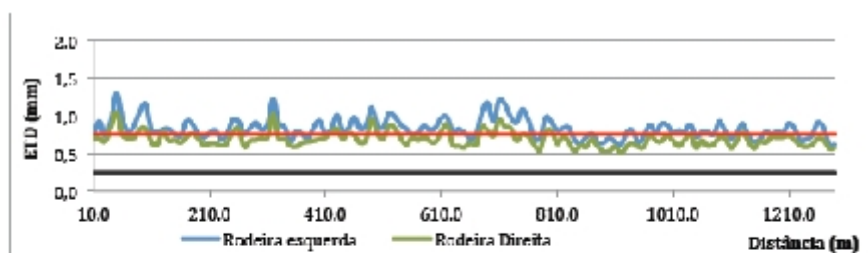


Figura 23 Profundidade de Textura Alinhamento -4m

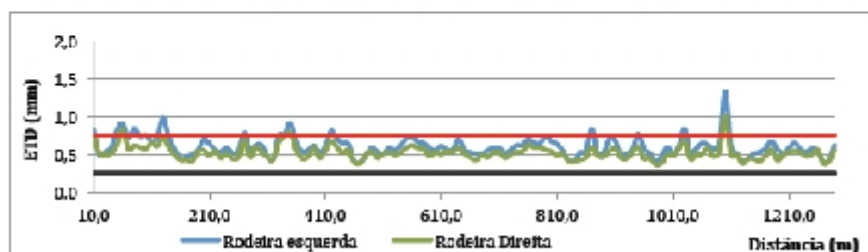


Figura 24 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E36 – Valores de textura ETD da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, no entanto, e ao longo de todos os alinhamentos avaliados há muitos valores em torno e abaixo dos 0,76, que justificam que se proceda a intervenções para reabilitação deste parâmetro, caso o coeficiente de atrito também dite essa necessidade.

E 2.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁴⁵, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 metros do eixo de ambos os lados da pista, cinco alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

¹⁴⁵ ECS, EN 13036-5, 2006

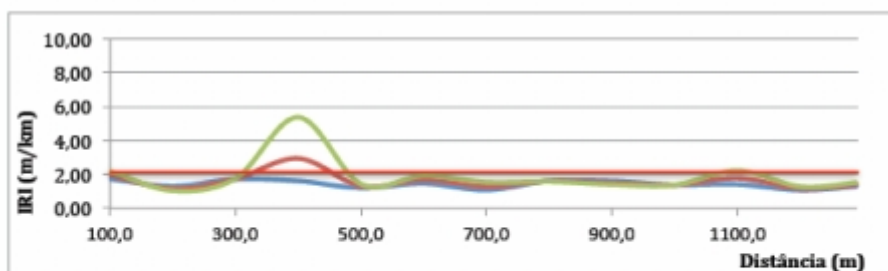


Figura 7 - IRI - Alinhamento 0m

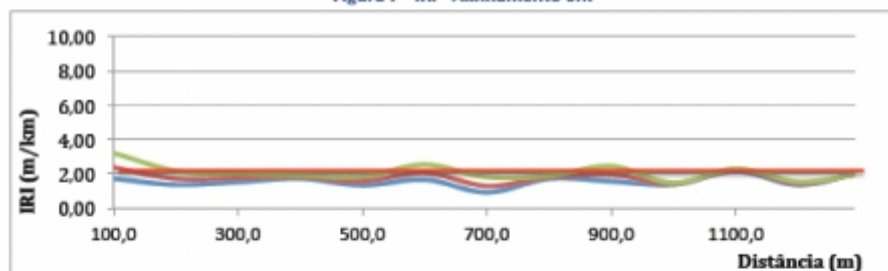


Figura 8 - IRI - Alinhamento +4m

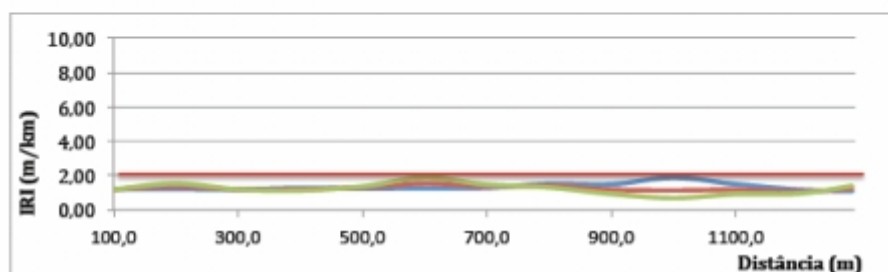


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

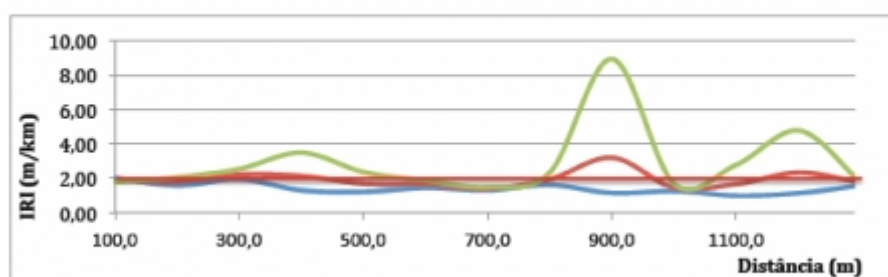


Figura 10 - IRI - Alinhamento -4m

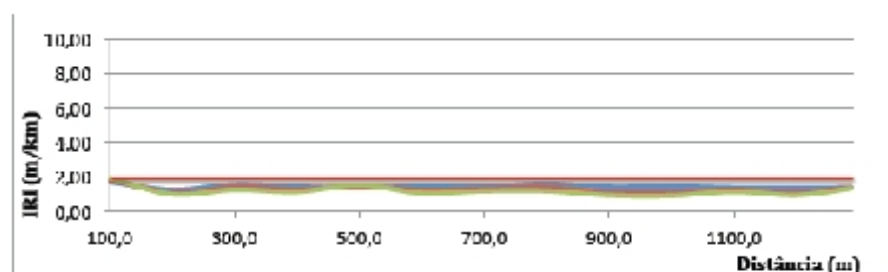


Figura 11 - IRI - Alinhamento -10m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E37 - Valores de IRI da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 1,63m/km. Note-se que todos os valores, excetuando o do alinhamento 4m à esquerda do eixo onde isso não acontece, estão abaixo do limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)					Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação á Central Line (m)					
	-10	-4	0	+4	+10	
Pista 18-36	1,31	2,11	1,64	1,82	1,28	1,63

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E38 – Valor do IRI da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

E 2.5 Contaminação

O único problema de contaminação da Pista 18/36 do Aeródromo das Flores, consta dos dejetos das aves que habitualmente pernoitam na pista, que para além do impacto visual, conforme observável na Figura E39, também contribuem para a agressão do pavimento.



Figura E39 – Aspeto da superfície da Pista 18/36, do Aeródromo das Flores

E 2.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 10/28 do Aeródromo das Flores é Bom em todos os terços.

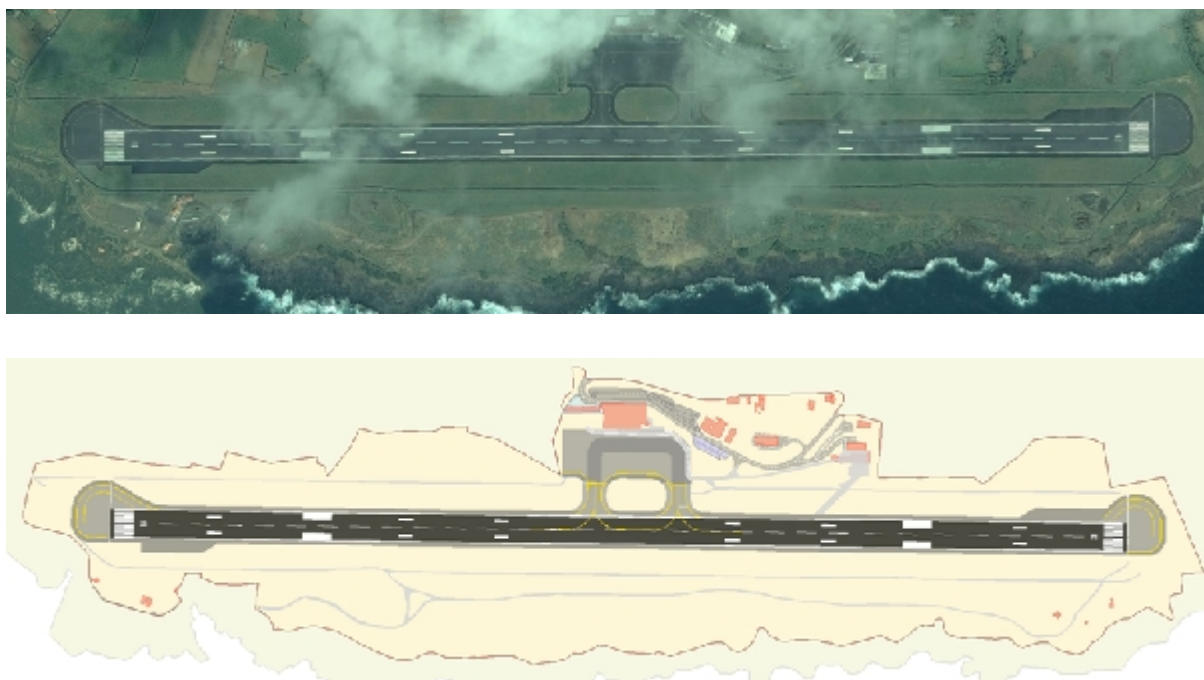
Não obstante a publicação do coeficiente de atrito, que aponta para um valor Muito Bom e que por isso não conduz à necessidade de adoção de medidas face a este parâmetro, em virtude dos resultados de avaliação da textura da pista é medianamente fechada a muito aberta, Ca E, no entanto, com muitos valores de ETD/MTD abaixo de 0,76, contudo como não há problemas com o atrito o qual é Bom, não será necessário desencadear ações corretivas.

Quanto à irregularidade, o parâmetro do IRI está dentro do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de Aeródromos. O mesmo é em média igual a 1,63, com um máximo de 2,1; pelo que não suscita qualquer tipo de ação.

E 3. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AERÓDROMO DA HORTA

E 3.1 Diagnóstico

E 3.1.1. Dados históricos do Aeródromo da Horta



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011 e acervo histórico do Aeródromo da Horta
 Figura E40 – Vistas em planta do Aeródromo da Horta

Segundo o Relatório SGPA de 26/04/2012 ¹⁴⁶, o Aeródromo da Horta foi inaugurado em 1971, do mesmo constavam a pista com orientação nordeste/sudoeste, 110°-290° (11/29) com 1.500m de comprimento e 45m de largura, a placa de estacionamento com 147mx70m e o caminho de circulação “A” de ligação entre a pista e a placa de estacionamento, com 67m de comprimento e 23m de largura.

Vinte anos depois, em 1991 a Pista 10/28 foi reforçada e ampliada para 1.647m, para além de algumas obras de conservação realizadas para colmatar anomalias na superfície da pista, em particular, a desagregação da camada de desgaste. A placa de estacionamento também foi ampliada e foi construído um novo caminho de circulação “B”.

¹⁴⁶ ANA, 2012, Relatório SGPA

Em 2002 a pista foi alvo de obras de reabilitação. Foi removida a camada de desgaste, e executada nova camada com propósitos de reperfilamento e reforço.


Em novembro de 2009, a pista foi alvo de fresagem e ranhuragem.

A construção e alterações do lado ar do Aeródromo da Horta ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E41.

Ano	Intervenções
1971	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão betuminoso, com orientação nordeste/sudoeste, 110°-290° [11/29] com 1.500m de comprimento e 45m de largura - Construção de placa de estacionamento em betão betuminoso, com 147mx70m - Construção do caminho de circulação “A” de ligação entre a pista e a placa de estacionamento, com 67m de comprimento e 23m de largura
1991	<ul style="list-style-type: none"> - Reforço e ampliação da pista para 1.647m da pista - Ampliação da placa de estacionamento para Este e repavimentação da mesma, o qual ficou com as dimensões de 207mx70m - Construção do caminho de circulação “A” com 67m de comprimento e 23m de largura (sendo que o anterior caminho designado “A” se passou a designar “B”)
2002	- Remoção da camada de desgaste, reperfilamento e reforço da pista
2009	- Fresagem e ranhuragem da pista


Figura E41 – Cronograma da vida do Aeródromo da Horta

E 3.1.2. Condições atmosféricas



Projecto CLIMAAT (INTERREG_3B - Mac 2.3/A3)

Clima Normal nas Estações do Instituto de Meteorologia (IM) - AÇORES



ILHA:	Faial	Grupo:	Central	Período:	1972 - 1990	Fonte:	IM
Estação:	Aeroporto	Coordenadas:	Lat: 38° 31' N; Long: 28° 30' W;			Altitude:	45 m

Mês	Temperatura do ar					Humidade rel. do ar		Insolação		Precipitação		
	T (°C)					Rel. (%)				(mm)		
	média	média	média	máxima	mínima	Média	média	média	total	perc.	total	máxima
	mensal	máximas	mínimas	observ.	observ.	05h	15h	21h	horas	%	mês	diária
Janeiro	14,3	16,6	12	19,7	4,8	84	79	84			85,3	43,3
Fevereiro	13,9	16,2	11,5	20,2	4,8	85	80	85			117,8	75,3
Março	14,3	16,7	12	21,4	4,7	85	79	84			88,6	50,5
Abril	14,8	17,3	12,2	21,1	5	84	77	84			71,4	43,4
Maio	16,5	19	13,9	26,6	8,6	86	79	85			74,9	62
Junho	18,6	21,2	16	25,2	10,5	86	79	85			51,9	52,4
Julho	21,2	24,2	18,3	27,6	13,8	85	76	83			34	36,8
Agosto	22,3	25,3	19,3	28,3	13,4	86	75	85			66,8	67,2
Setembro	21,4	24,2	18,6	28,1	10,7	85	76	85			94	99,3
Outubro	19	21,7	16,3	25,8	10,9	85	77	85	-	-	102,4	73,6
Novembro	16,9	19,2	14,5	22,8	7,5	85	79	84	-	-	136,3	72,5
Dezembro	15,2	17,4	13	20,8	5,3	84	80	84			122,9	59,9
Ano	17,4	19,0	14,8	28,3	4,7	85	78	84	-	-	1050,3	99,3

Fonte: www.climaat.angra.uac.pt; consultada a 12/06/2012

Figura E42 – Temperaturas e Precipitação do Aeródromo da Horta, entre 1972 e 1990

O Aeroporto da Horta apresentou, entre 1972 e 1990, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 4,7°C e um máximo de 28,3°C, em média o mês mais frio foi fevereiro e o mais quente agosto.

Relativamente à precipitação registada no período entre 1972 e 1990, a média anual foi 1.059,3mm, o maior valor de precipitação diária foi 99,3mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm, desta ilha situada no Grupo Central, estima-se que esteja entre os registados nas ilhas do Grupo Oriental e nas ilhas do Grupo Ocidental e por isso entre os 120 e os 150 dias.

E 3.1.3. Tráfego na Pista 10/28

A pista da Horta, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 4.700, que se traduz num número médio de 13 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 10/28 é da ordem dos 45/55. O maior número de aterragens acontece na Pista 28, em média com 4 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de

aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo uma vez por ano e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 3.1.4. Características geométricas da Pista 10/28

A pista Aeródromo da Horta, hoje designada 10/28, tem 1.647m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m.

E 3.1.5. Constituição do pavimento da Pista 10/28

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- Pk0+600: 6,5cm Desgaste + 26,5cm Regularização e Base; Total MB 33cm
- Pk0+800: 4,5cm Desgaste + 21,8cm Regularização e Base; Total MB 26,3cm
- Pk1+525: 6,8cm Desgaste + 23cm Regularização e Base; Total MB 29,8cm

A mesma foi construída em aterros alternados com escavações de pequenas volumetrias nos primeiros 690m contados a partir da soleira 10. Em aterro, entre os 690m e os 1.050m e em escavação entre os 1.050m e o fim da pista.

O pavimento das bermas é constituído por uma camada de desgaste com 5cm, sobre 15cm de regularização e base.

E 3.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeródromo da Horta foi realizada no dia 20 de junho de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório datado de 26/04/2012 ¹⁴⁷.

¹⁴⁷ ANA, 2012, Relatório SGPA

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁴⁸ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades seleccionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E43:

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
AHR_SH_RWY_1028_1	Flexível	12257	25	4	45,44	Razoável
AHR_SH_RWY_1028_2	Flexível	13444	27	4	28,11	Fobre
AHR_SH_RWY_1028_3	Flexível	14427	29	4	78,09	Muito Bom
AHR_SH_RWY_1028_4	Flexível	4387	9	2	36,95	Fobre
AHR_SH_RWY_1028_5	Flexível	2605	5	2	85,87	Muito Bom
AHR_SH_RWY_1028_6	Flexível	2999	6	2	86,85	Excelente
AHR_SH_RWY_1028_7	Flexível	16666	33	4	87,49	Excelente
AHR_SH_RWY_1028_8	Flexível	15003	30	4	89,73	Excelente
AHR_SH_RWY_1028_9	Flexível	15688	31	4	99,07	Excelente
AHR_SH_RWY_1028_10	Flexível	13837	28	4	99,53	Excelente

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E43 – Valores de PCI da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

¹⁴⁸ ASTM, D 5340-11, 2011

PCI Aeródromo da Horta

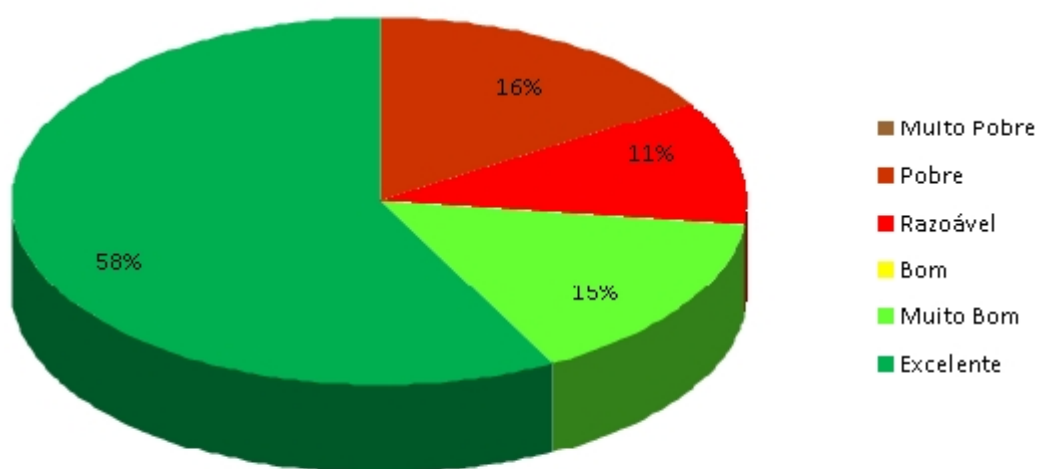


Figura E44 – PCIs da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

E 3.2 Atrito

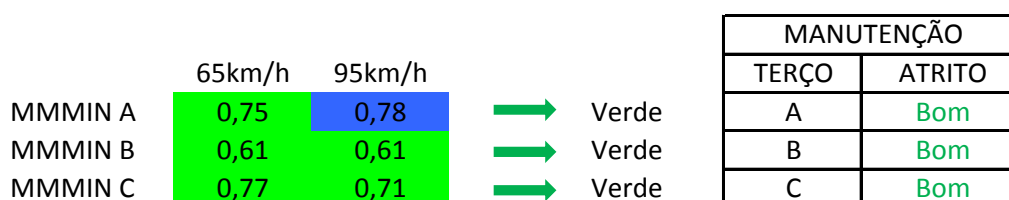
Quando analisado o relatório da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 10/28 do Aeródromo da Horta, realizada pela DIA/ANA em dezembro de 2009, tem-se que todos os valores médios, de todos terços da pista e para os ensaios realizados a ambas as velocidades se situam no patamar azul, correspondente a um atrito Muito Bom. Este relatório ainda compara esses valores com os anteriores valores, respeitantes à campanha anteriormente realizada, em setembro de 2008, os quais, muito embora também no patamar azul, eram ligeiramente inferiores nos ensaios a 65km/h e ligeiramente superiores nos ensaios a 95km/h. Esta situação poderá dever-se ao facto de os alinhamentos mais afastados do eixo ensaiados em 2008 e 2009 não serem coincidentes (em 2008 a 12m do eixo, em 2009 a 18m do eixo) e também ao facto de em novembro de 2009 a pista ter sido alvo de um processo de ranhuragem, que promoveu o aumento do valor do atrito da pista no ensaio efetuada a uma velocidade mais baixa.



Figura E45 – Médias por terço da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Dez. 2009

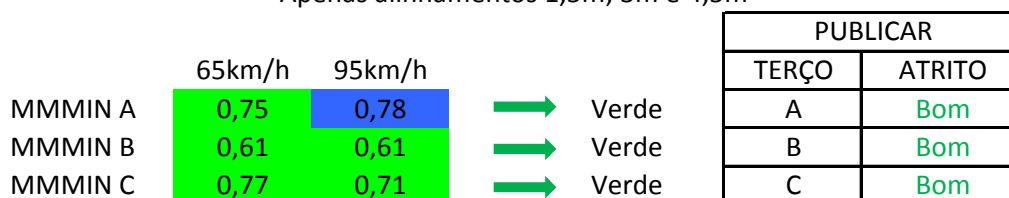
Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, não obstante a grande maioria dos mesmos esteja no patamar azul, a presença de alguns valores no patamar verde faz com que a classificação do atrito seja de Bom, quer quando considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/9/18m do eixo), quer quando apenas considerados os alinhamentos centrais.

A classificação de atrito obtida atentando às Médias Móveis situa-se um patamar abaixo da obtida atentando às médias por terços, no primeiro caso, atrito Bom, e no segundo, atrito Muito Bom.



AHR 10/28 DEZ 2009

Apenas alinhamentos 1,5m; 3m e 4,5m



AHR 10/28 DEZ 2009

Figura E46 – Médias Móveis por terço da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Dez. 2009

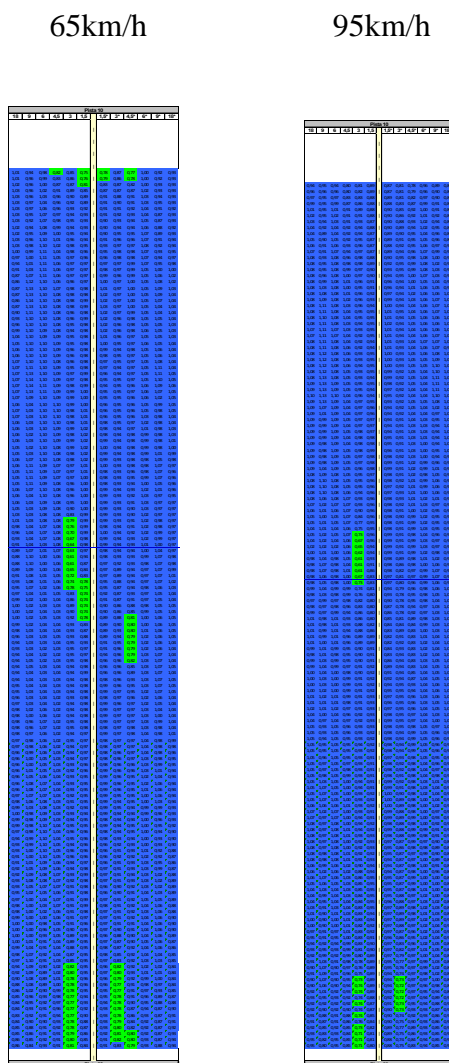


Figura E47 - Médias Móveis da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Dez. 2009

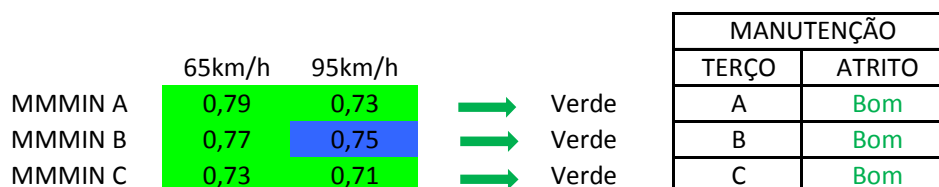
Para efeitos de publicação o que se deveria publicar era que o atrito da pista da Horta era Bom em todos os terços.

Em setembro de 2011 a ANA efetuou nova campanha de avaliação do atrito em contínuo à pista da Horta, a qual em termos de médias aponta para o mesmo patamar azul, a ambas as velocidades e em todos os terços. No relatório referente à mesma é aconselhado que para efeitos de publicação não se considerem os valores médios por terço, mas o valor médio mais baixo por terço, o que leva a um decréscimo da classificação do patamar intermédio de Muito Bom para Bom.



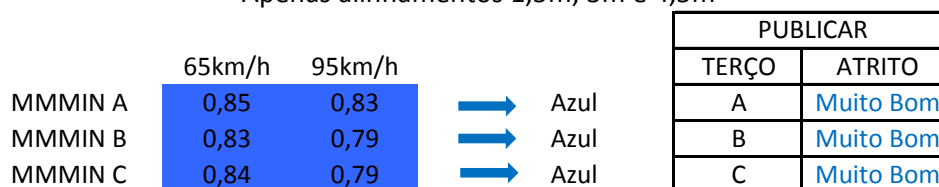
Figura E48 – Médias por terço da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Set. 2011

Em termos de Médias Móveis e note-se que nesta campanha também foi incluído o eixo, nos alinhamentos avaliados, quando considerados todos os alinhamentos a 65km/h a situação mantém-se, todos no patamar verde, já a 95 km/h o 1.º terço desce do patamar azul para o verde e o 2.º terço sobe do patamar verde para o azul, o terceiro mantém-se no patamar verde, o que em termos de classificação não tem expressão uma vez que se continuam a considerar no patamar verde e por isso com um atrito Bom. Se apenas contemplados os alinhamentos centrais, com exceção do eixo, todos os valores se passam a situar no patamar azul, o que conduz a uma alteração na classificação, que passa de um atrito Bom, a um atrito Muito Bom em todos os terços.



AHR 10/28 SET 2011

Apenas alinhamentos 1,5m; 3m e 4,5m



AHR 10/28 SET 2011

Figura E49 – Médias Móveis por terço da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Set. 2011

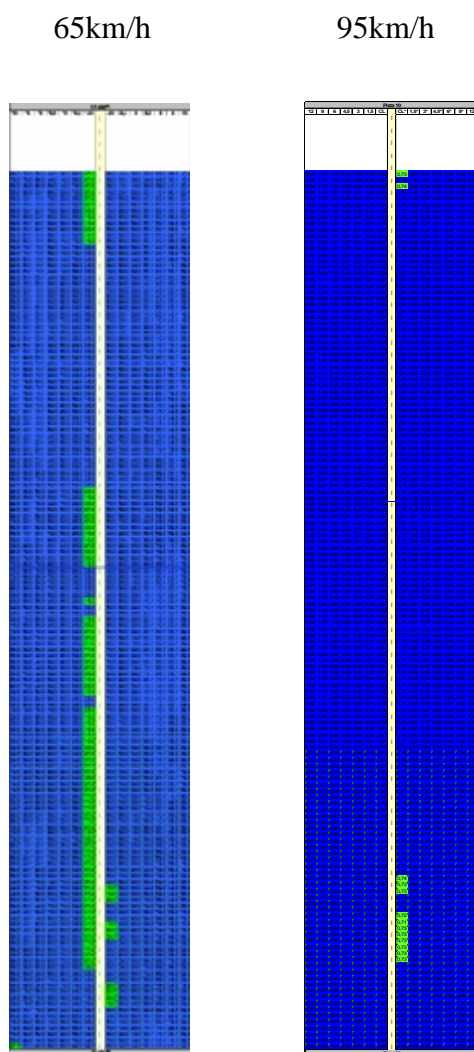


Figura E50 - Médias Móveis da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta, Set. 2011

Assim para efeitos de publicação deverá ser divulgado que a pista do Aeródromo da Horta tem um atrito Muito Bom em todos os terços, e nada mais será necessário, relativamente a este parâmetro, a não ser a realização de nova campanha de avaliação quando o planeamento assim o determinar.

E 3.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁴⁹, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

¹⁴⁹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

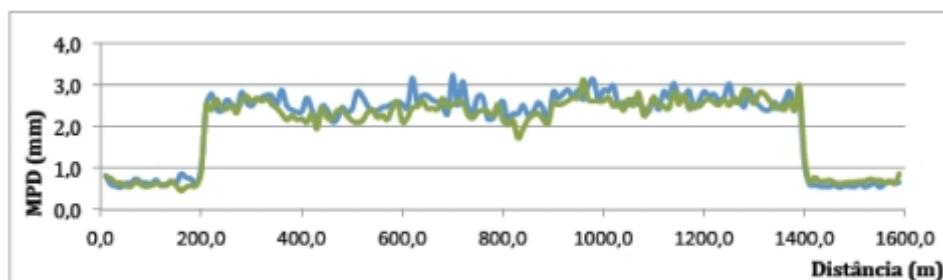


Figura 14 - Textura MPD - Alinhamento 0m

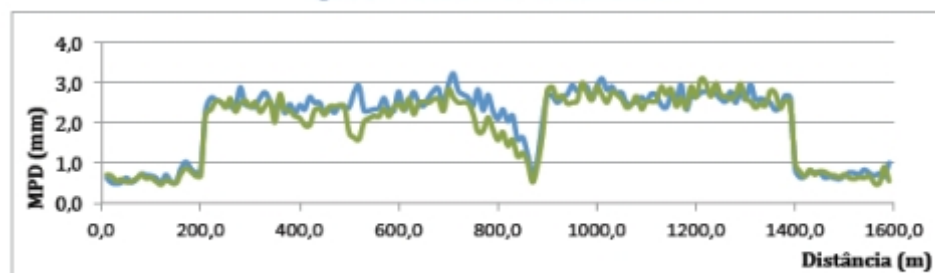


Figura 15 - Textura MPD - Alinhamento +4m

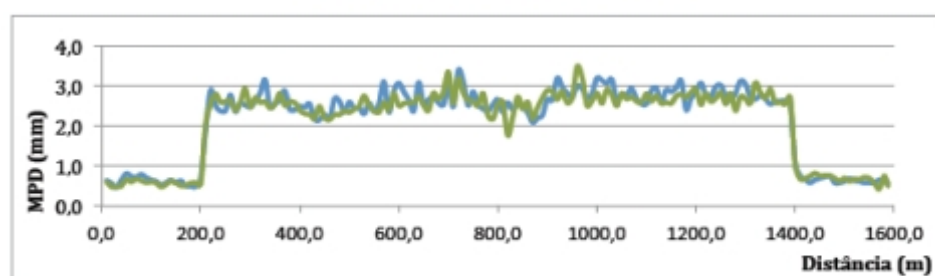


Figura 16 - Textura MPD - Alinhamento +10m

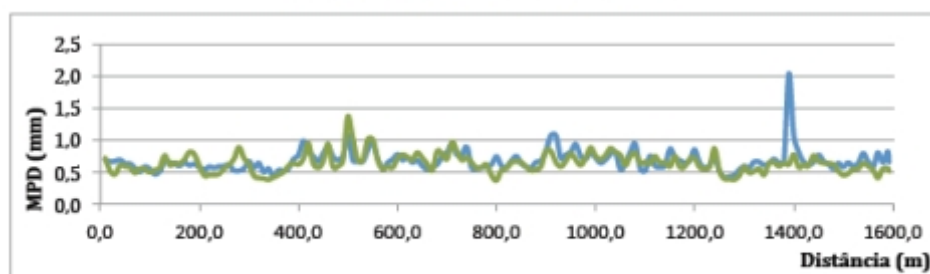


Figura 17 - Textura MPD - Alinhamento +20m

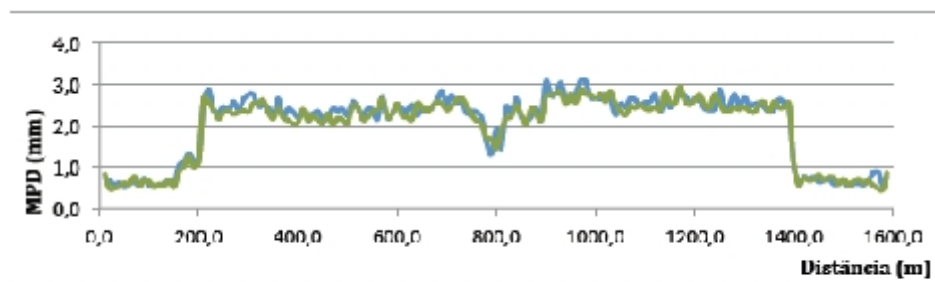


Figura 18 - Textura MPD - Alinhamento -4m

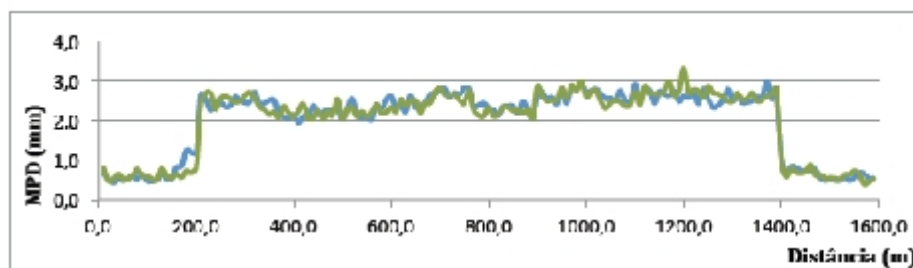


Figura 19 - Textura MPD - Alinhamento -10m

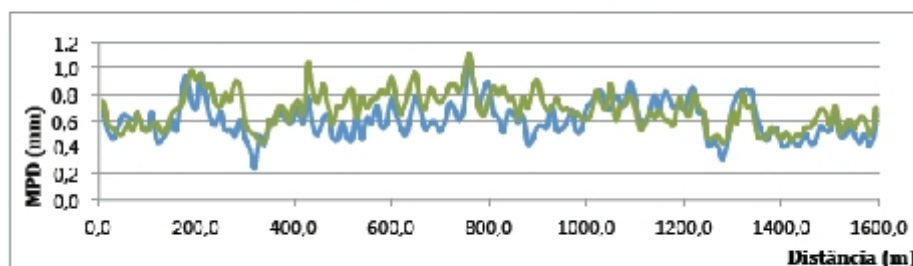


Figura 20 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E51 – Valores de textura MPD da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

Os valores da MPD situam-se entre os 0,2mm e os 3,6mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁵⁰ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁵¹.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.26})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

¹⁵⁰ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁵¹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

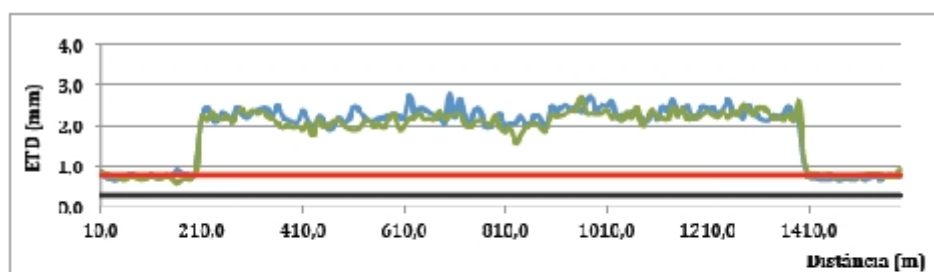


Figura 31 - Profundidade de Textura - Alinhamento 0m

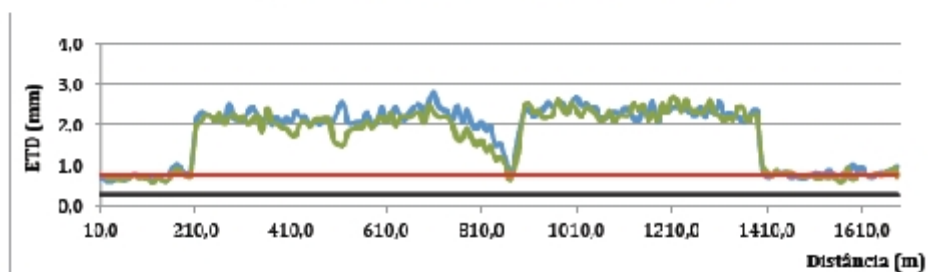


Figura 32 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

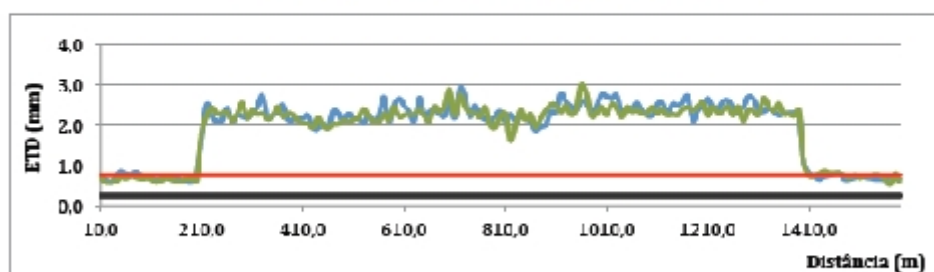


Figura 33 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

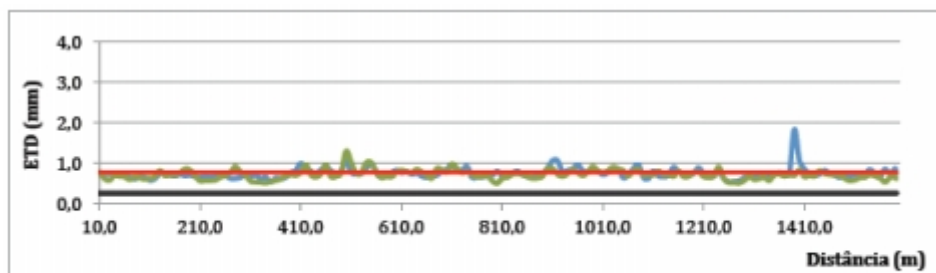


Figura 34 - Profundidade de Textura - Alinhamento +20m

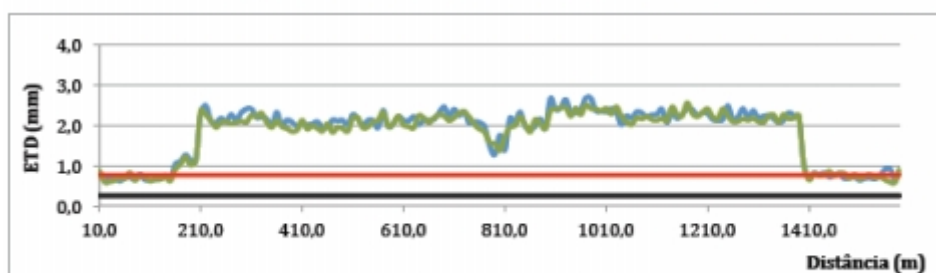


Figura 35 - Profundidade de Textura - Alinhamento -4m

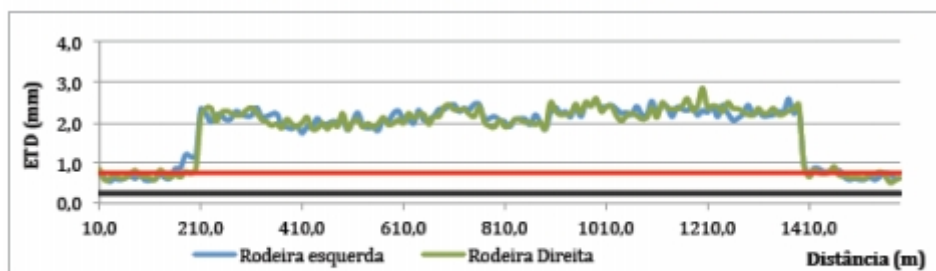


Figura 36 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

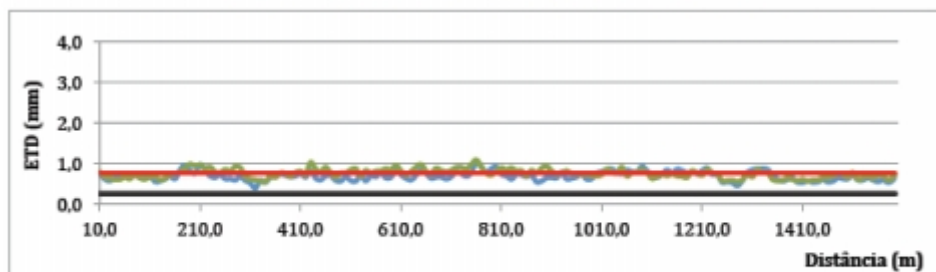


Figura 37 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E52 – Valores de textura ETD da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, no entanto, e ao longo dos alinhamentos mais afastados do eixo, mais propriamente a 20m do eixo há muitos valores em torno e abaixo dos 0,76, que justificam que caso o parâmetro do atrito também o justifique, se proceda a intervenções de reabilitação.

E 3.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁵², ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

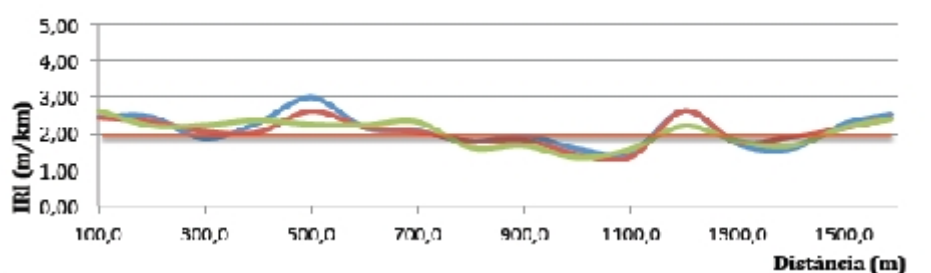


Figura 7 - IRI - Alinhamento Um

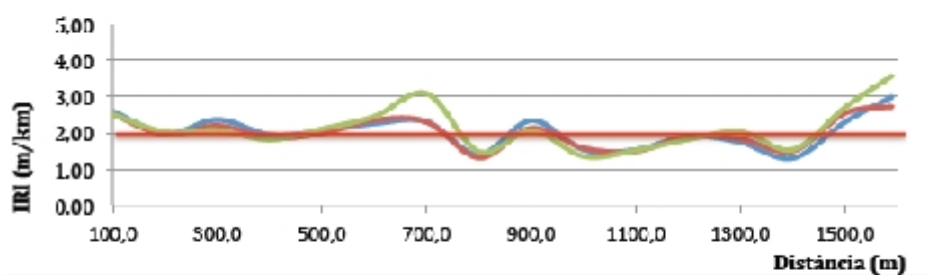


Figura 8 - IRI - Alinhamento +4m

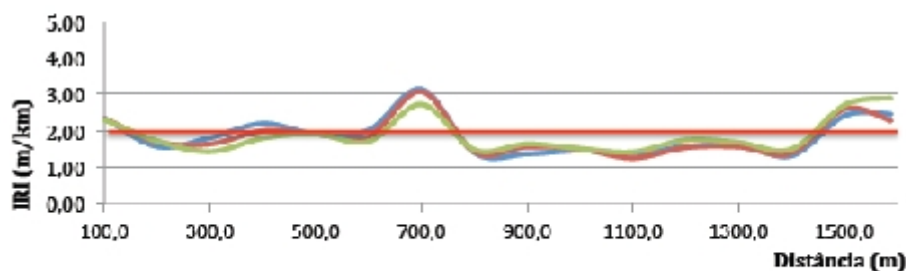


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

¹⁵² ECS, EN 13036-5, 2006

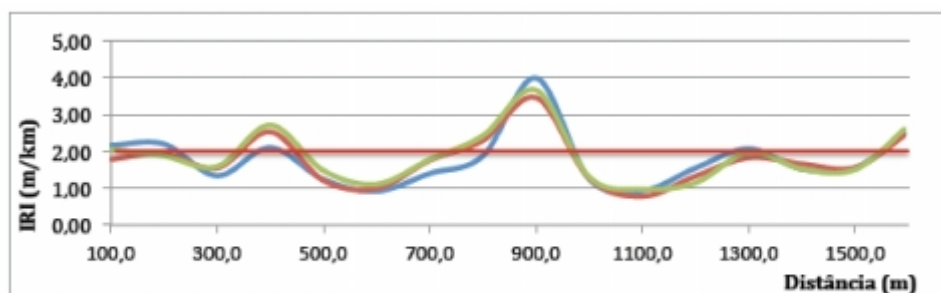


Figura 10 - IRI - Alinhamento +20m

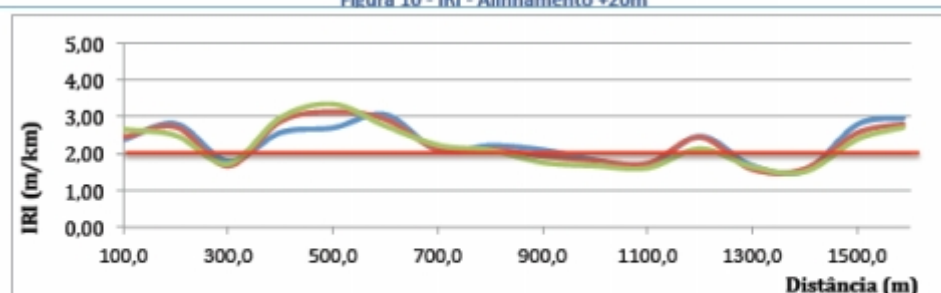


Figura 11 - IRI - Alinhamento -4m

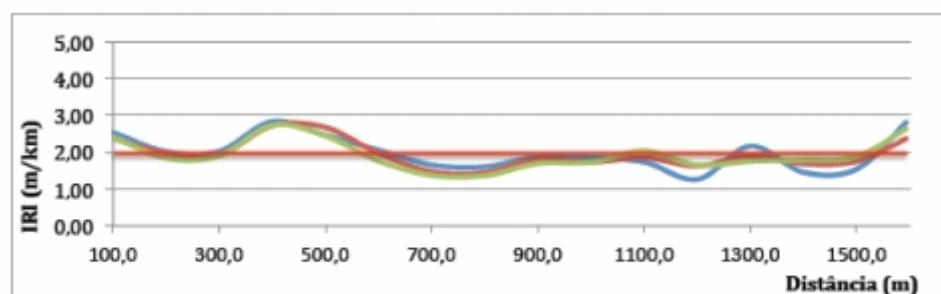


Figura 12 - IRI - Alinhamento -10m

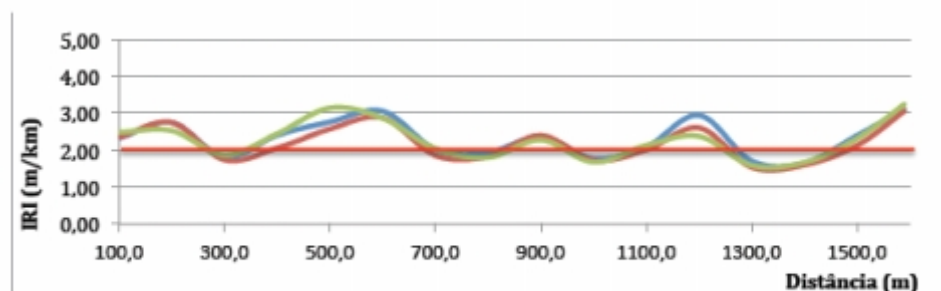


Figura 13 - IRI - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E53 - Valores de IRI da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,05m/km. Note-se que, excetuando os alinhamentos mais afastados do eixo, os valores de IRI estão abaixo do limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação à Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 10-28	1,97	2,27	2,27	2,07	2,07	1,87	1,81	2,05

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E54 – Valor do IRI da Pista 10/28, do Aeródromo da Horta

E 3.5 Contaminação

A pista do Aeródromo da Horta não tem atualmente nenhum problema de contaminação. Esta situação nem sempre foi assim, em virtude de problemas com a drenagem, era habitual a contaminação da pista com uma lâmina de água, em períodos de chuvas. Segundo relatos essa contaminação levava mesmo a que as aeronaves tivessem que proceder a manobras de voltas de espera para que o problema se dissipasse, o que conduzia a atrasos e onerava bastante a operação. Este problema deixou de manifestar-se depois de a pista ter sido ranhurada.



Figura E55 – Aspeto da pista depois da ranhuragem

A ranhuragem, mesmo não contribuindo para escoar a água da plataforma da pista quebra a espessura e continuidade da lâmina de água o que minimiza exponencialmente o problema da hidroplanagem e permite que as operações se possam desenvolver com normalidade mesmo em períodos de chuvas intensas.

E 3.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 10/28 do Aeródromo da Horta é Muito Bom em todos os terços.

Não obstante a publicação do coeficiente de atrito, que aponta para um valor Muito Bom e que por isso não conduz à necessidade de adoção de medidas face a este parâmetro, em virtude dos resultados de textura da pista, a qual é fechada a muito aberta, C a E, constatou-se que nos alinhamentos mais afastados do eixo, a 20m do mesmo mais propriamente, há muitos valores de ETD/MTD abaixo dos 0.76, o que pode justificar a limpeza dessas zonas, ou a programação deste tipo de intervenção a médio prazo.

Quanto à irregularidade, em média, o parâmetro do IRI, igual a 2,05 está muito próximo, pouco acima, do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. Este índice assume um valor máximo de 2,27, ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 4. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DE LISBOA

E 4.1 Diagnóstico

E 4.1.1. Dados históricos do Aeroporto de Lisboa



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E56 – Vista em planta do Aeroporto de Lisboa

De acordo com informação do Relatório SGPA de 26/04/2012 ¹⁵³ o Aeroporto de Lisboa foi construído em 1940, nessa altura foi construída a Pista 17/35, com cerca de 1.150m de comprimento. Cinco anos depois, em 1945 a mesma foi prolongada a partir da soleira 35 até 2.000m, depois em 1960 sofreu a segunda extensão até 2.400m. Em 1984 foram realizadas nessa pista obras de beneficiação/reforço.

A Pista 03/21, com 3.805 metros de comprimento foi construída em 1960. Em 1979 foi alvo de obras de beneficiação/reforço ao longo de toda a sua extensão. Em 1984 a camada de desgaste da faixa central de 16m da pista, ao longo dos primeiros 700m foi removida e reconstruída. Em 1985 foram reforçados os primeiros 800m a partir da soleira 03 e posteriormente em 1997 a pista foi alvo de reperfilamento e reforço da capacidade de carga. Os caminhos de circulação e placas de estacionamento do aeroporto são tantos e com datas de construção/alterações tão diversas ao longo dos tempos, que por não serem âmbito deste estudo, não se vão aqui referir. Assim sendo apenas se apresentam no cronograma da Figura E57 as diferentes fases relativas às pistas do Aeroporto de Lisboa:

Ano	Intervenções
1940	- Construção de Pista 17/35 em betão betuminoso, com orientação noroeste/sudeste, 170°-350° com 1.150m de comprimento
1945	- Prolongamento da Pista 17/35 para 2.000m
1960	- Construção da Pista 03/21, com orientação nordeste/sudoeste, 30°-210°, com 3805m de comprimento - Prolongamento da pista para 3.480m
1979	- Beneficiação/reforço da Pista 03/21
1984	- Beneficiação/reforço da Pista 17/35 - Remoção e reconstrução da camada de desgaste dos primeiros 700m, contados a partir da soleira 03, da Pista 03/21
1985	- Reforço dos primeiros 800m, contados a partir da soleira 03, da Pista 03/21
1997	- Reperfilamento e reforço da capacidade de carga da Pista 03/21

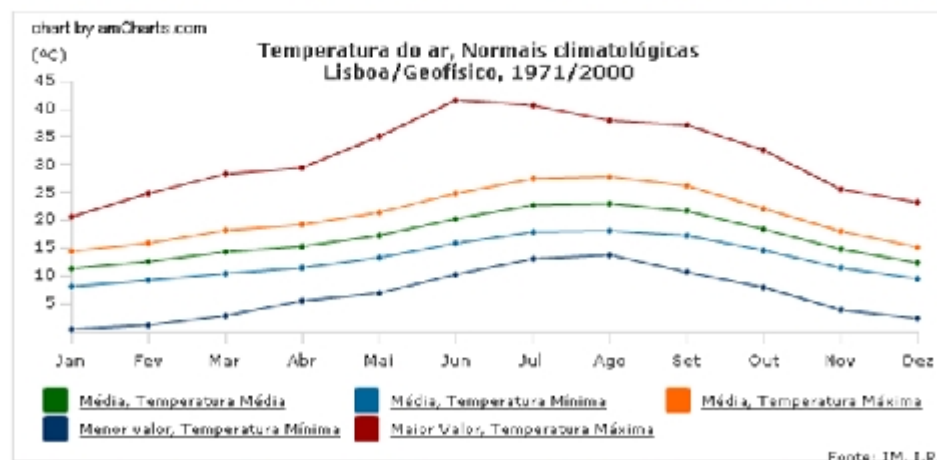
Figura E57 – Cronograma da vida das pistas do Aeroporto de Lisboa

¹⁵³ ANA, 2012, Relatório SGPA

E 4.1.2. Condições atmosféricas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - LISBOA / GEOFFÍSICO

Estação: sinóptica; Número: 535; Localização: Lat: 38°43'N; Lon: 09°08'W; Alt: 77m; Período de funcionamento: 01-0



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temperatura Máxima Diária (°C)													
Maior valor	20.6	24.8	28.3	29.4	35.0	41.5	40.6	37.9	37.1	32.6	25.6	23.2	41.5
Data	21/1981	28/1987	22/1992	28/1994	21/1974	14/1981	18/1991	24/1979	12/1979	02/1983	01/1995	02/1985	14/8/1981
Menor valor	4.2	8.2	9.4	10.4	13.6	16.7	19.6	19.0	18.2	13.6	10.7	7.6	4.2
Data	03/1971	21/1987	03/1990	23/1985	02/1978	03/1984	04/1982	26/1993	16/1975	16/1992	30/1982	14/1975	03/01/1971
Temperatura Mínima diária (°C)													
Maior valor	15.0	15.0	16.8	20.0	22.8	27.6	27.4	27.6	23.6	20.9	19.2	16.9	27.6
Data	07/1974	15/1995	22/1992	30/1997	21/1974	14/1981	18/1991	27/1995	03/1982	02/1980	02/1995	09/1978	14/06/1981
Menor valor	0.4	1.2	2.9	5.5	6.9	10.3	13.1	13.8	10.7	8.0	3.9	2.4	0.4
Data	02/1971	13/1983	00/1971	00/1986	01/1972	06/1972	04/1977	31/1977	30/1974	31/1974	27/1971	26/1975	02/01/1971
Número médio de dias com:													
Temperatura Máxima ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.7	8.0	7.5	4.6	0.3	0.0	0.0	24.8
Temperatura Máxima ≥ 25 °C	0.0	0.0	1.0	1.8	5.3	13.1	22.4	24.4	18.4	5.7	0.1	0.0	92.2
Temperatura Mínima ≥ 20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	4.6	4.7	2.8	0.1	0.0	0.0	14.1
Temperatura Mínima ≤ 0 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

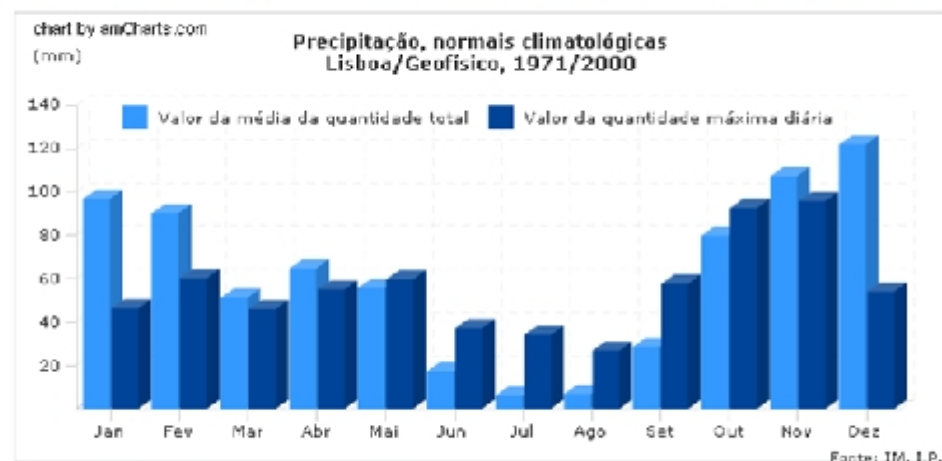
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E58 – Temperaturas de Lisboa, entre 1971 e 2000

Lisboa apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 0,4°C e um máximo de 41,5°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - LISBOA / GEOFÍSICO

Estação: sinóptica; Número: 535; Localização: Lat: 38°43'N; Lon: 09°08'W; Alt: 77m; Período de funcionamento: 01-0



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (09-09UTC), mm.													
	96.8	90.2	51.2	64.7	55.6	17.2	6.1	6.8	28.5	79.8	107.1	121.8	725.8
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (09-09UTC), mm.													
Maior valor	46.4	60.2	46.0	55.0	59.6	37.1	34.0	25.7	57.7	92.5	95.6	54.0	95.6
Data	08/10/07	01/10/72	10/10/07	16/10/05	12/10/03	01/10/77	04/10/88	31/10/76	10/10/00	10/10/07	10/10/83	20/10/81	10/11/1083
Número médio de dias com:													
Diária (09-09 UTC) >= 0,1mm	13.3	13.0	10.4	12.7	9.5	4.8	1.9	2.5	5.8	11.0	12.2	14.9	112.0
Diária (09-09 UTC) >= 1mm	10.1	9.6	6.5	8.6	6.5	2.5	0.8	1.4	3.3	7.8	8.9	11.3	77.3
Diária (09-09 UTC) >= 10mm	3.4	3.0	1.6	2.2	1.9	0.5	0.2	0.1	0.8	2.6	3.5	4.2	24.0

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E59 – Precipitação de Lisboa, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 725,8mm, o maior valor de precipitação diária foi 95,6mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 77.

E 4.2 Pista 03/21

E 4.2.1. Tráfego na Pista 03/21

A Pista 03/21 de Lisboa, tem um número anual de movimentos, da ordem dos 142.000, que se traduz num número médio de 389 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 03/21 é da ordem dos 75/25. O maior número de aterragens acontece na Pista 03, em média com 146 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo mensalmente e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 4 meses.

E 4.2.2. Características geométricas da Pista 03/21

A Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa, tem 3.805m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 15m.

E 4.2.3. Constituição do pavimento da Pista 03/21

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- Pk0+250: 6cm Desgaste + 19cm Regularização e Base; Total 25cm;
- Pk1+025: 4cm Desgaste + 23,5cm Regularização e Base; Total 27,5cm;
- Pk1+600: 5cm Desgaste + 18cm Regularização e Base; Total 23cm.

E 4.2.4. Inspeção visual à Pista 03/21

A inspeção visual à Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa foi realizada entre 3 e 18 de março e de 18 de abril a 3 de maio de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório datado de 26/04/2012 ¹⁵⁴.

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁵⁵ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades seleccionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

¹⁵⁴ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹⁵⁵ ASTM, D 5340-11, 2011

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a Pista 03/21 foram os que se apresentam na Figura E60.

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
ALS_UA_RWY_0321_1	Flexível	22966	51	6	71,83	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_2	Flexível	16458	37	4	72,74	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_3	Flexível	16553	38	4	66,5	Bom
ALS_UA_RWY_0321_4	Flexível	5669	14	3	74,38	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_5	Flexível	11860	26	4	81,01	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_6	Flexível	8651	19	4	56,16	Bom
ALS_UA_RWY_0321_7	Flexível	18133	40	4	62,99	Bom
ALS_UA_RWY_0321_8	Flexível	10656	24	4	67,23	Bom
ALS_UA_RWY_0321_9	Flexível	21329	48	5	73,74	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_10	Flexível	3566	8	2	60,77	Bom
ALS_UA_RWY_0321_11	Flexível	4703	11	3	81,17	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_12	Flexível	4907	10	2	70,27	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_13	Flexível	22056	52	6	70,88	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_14	Flexível	8273	18	4	89,92	Excelente
ALS_UA_RWY_0321_15	Flexível	21967	48	5	86,16	Excelente
ALS_UA_RWY_0321_16	Flexível	4690	10	2	72,55	Muito Bom
ALS_UA_RWY_0321_17	Flexível	17345	37	4	85,4	Muito Bom

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E60 – Valores de PCI da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa

PCI Pista 03/21 Aeroporto de Lisboa

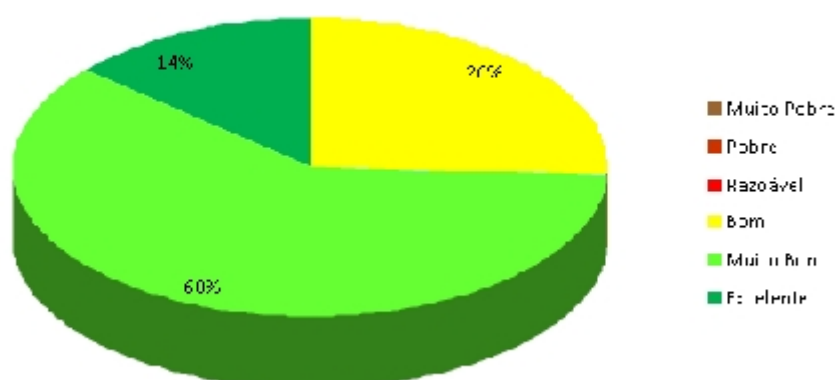


Figura E61 – PCIs da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa

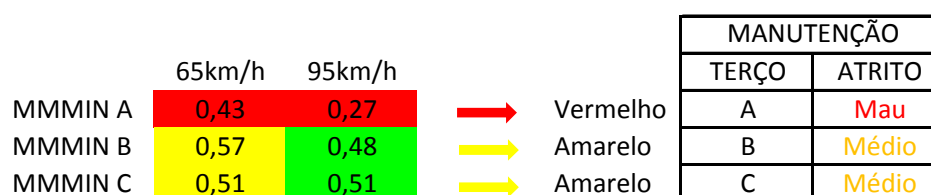
E 4.3 Atrito da Pista 03/21

Da análise dos dados referentes à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa, realizada pela DIA/ANA em outubro de 2011, observa-se que os resultados das médias por terço das avaliações efetuadas a 65km/h, apontam para valores de coeficiente de atrito Bom, todos no patamar verde e que os resultados das médias por terço das avaliações efetuadas a 95km/h apontam para valores de coeficiente de atrito Bom no 1.º terço e Muito Bom nos 2.º e 3.º terços, estes dois no patamar azul.

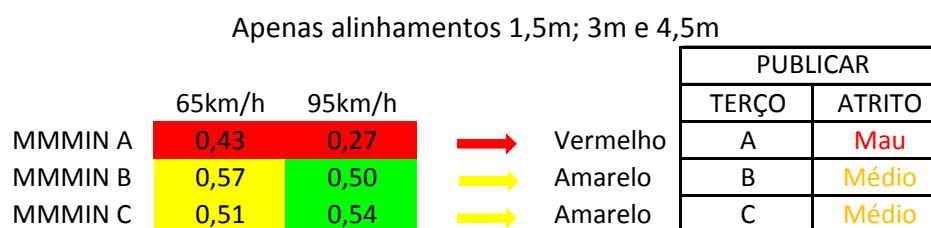


Figura E62 – Médias por terço da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

Note-se que relativamente a esta pista apenas se teve acesso aos valores resultantes das avaliações e não aos relatórios das mesmas.



ALS 03/21 OUT 2011



ALS 03/21 OUT 2011

Emitir NOTAM!

Figura E63 – Médias Móveis por terço da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, quer se considerados todos os alinhamentos avaliados (eixo; 1,5/3/4,5/6/9/12m do eixo), quer se apenas considerados os valores obtidos dos alinhamentos centrais, e para ambas as

velocidades: 65 e 95km/h, tem-se que o 1.º terço aponta para o patamar vermelho, atrito Mau e os outros dois terços apontam para o patamar amarelo, atrito Médio, isto não obstante de quando observados os gráficos de cor verde e o azul, especialmente nos ensaios a 95km/h sejam os que mais frequentemente se observam.

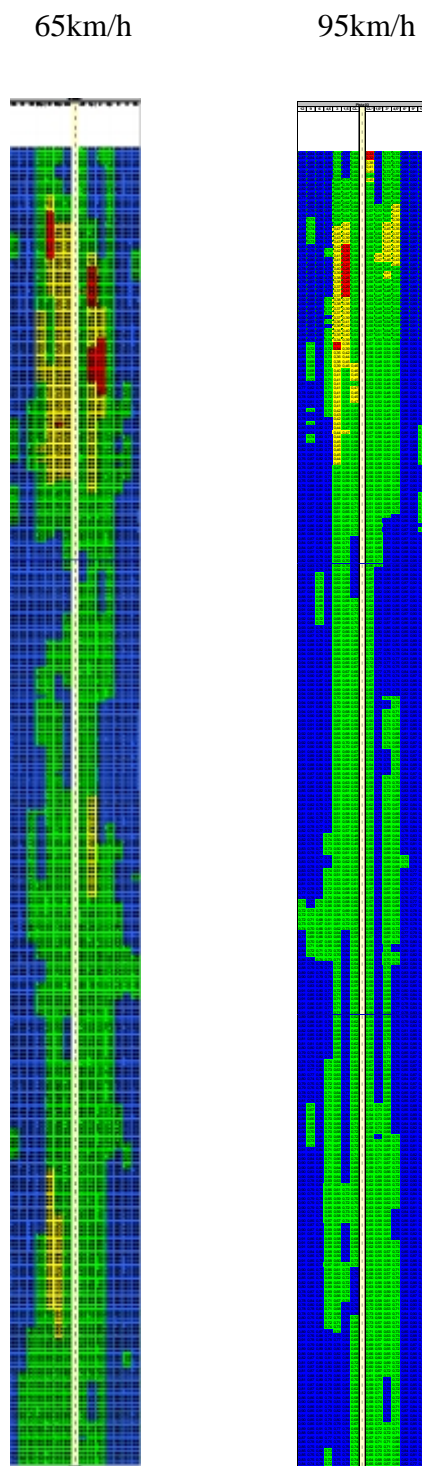


Figura E64 - Médias Móveis Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

Neste caso o que deveria ter sido publicado em sede de informação aeronáutica seria que o atrito é Mau no 1.º terço da pista e Médio nos: 2.º e 3.º terços. Complementarmente deveria

ter sido emitido um NOTAM a informar que no primeiro terço a pista se poderia tornar escorregadia quando molhada. E programadas intervenções urgentes de limpeza, no primeiro terço da pista.

Efetivamente, em dezembro de 2011, a pista foi limpa.

Em fevereiro de 2012 foi realizada nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito, da mesma. Resultou que em termos de média o atrito em todos os terços se situava no patamar azul, correspondente a um atrito Muito Bom, para ambas as velocidades.

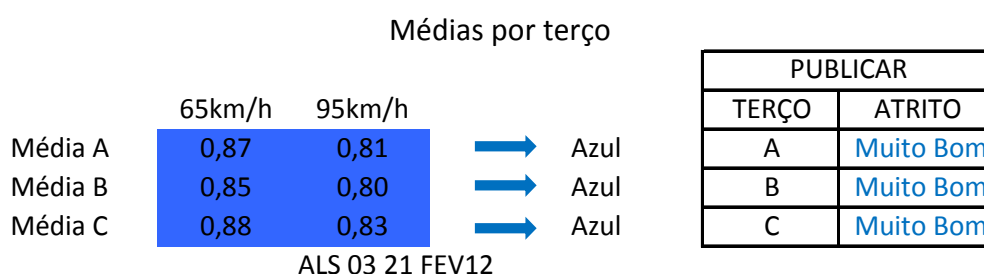


Figura E65 – Médias por terço da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

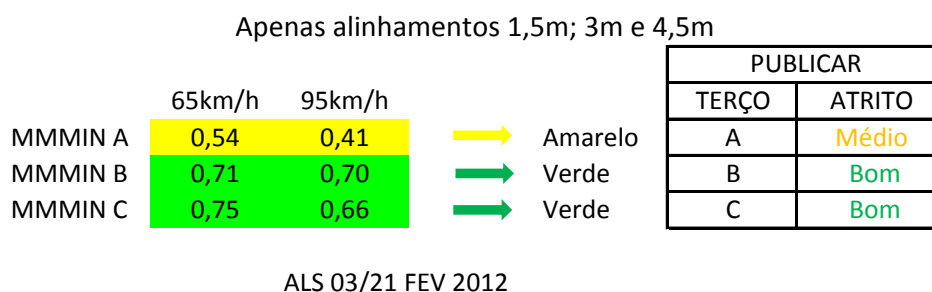
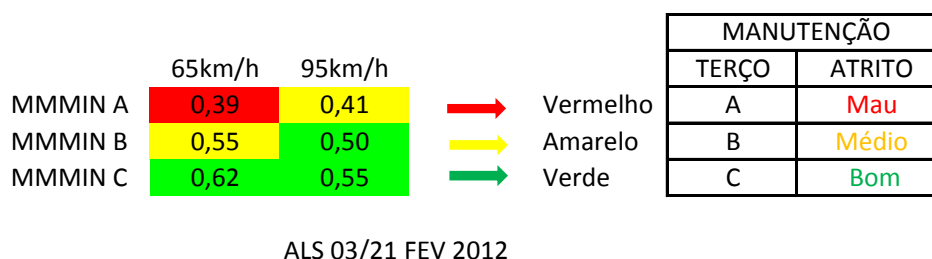


Figura E66 – Médias Móveis por terço da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

Quando analisados os resultados em termos de Médias Móveis, tem-se, quando considerados todos os alinhamentos avaliados (incluindo os eixos) que o mínimo patamar observado é o

vermelho (atrimento Mau), a 65km/h no 1.º terço, o patamar amarelo (atrimento Médio) no terço intermédio a 65km/h e no 1.º terço a 95km/h e todos os outros no patamar verde (atrimento Bom). Quando apenas considerados os alinhamentos centrais e excluindo o eixo, os valores apontam para um atrimento Médio no 1.º terço, e para um atrimento Bom nos: 2.º e 3.º terço que deveria ser o publicado em sede de informação aeronáutica. Este caso evidencia que continua a observar-se uma necessidade de limpeza do eixo da pista principalmente no primeiro terço, o que é natural face ao grande número de movimentos observados nesta pista e à repartição, que aponta para que a grande maioria das aterragens aconteça neste primeiro terço.

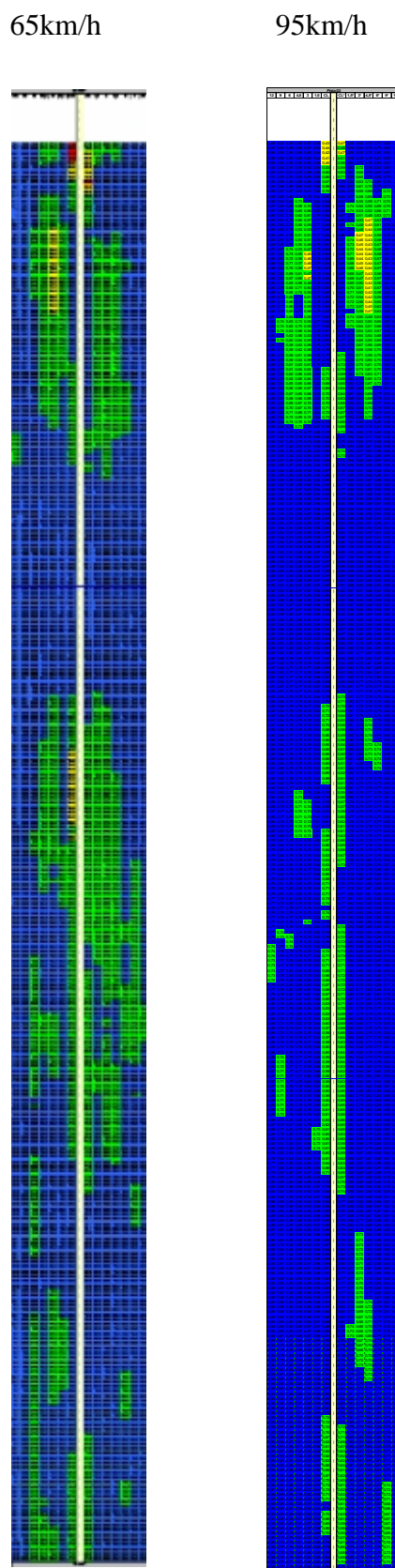


Figura E67 - Médias Móveis Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

Face ao grande número de movimentos nesta pista, em maio de 2012, fez-se a última campanha de avaliação de coeficiente de atrito, a qual em termos de Médias por terço

continua com os mesmos resultados de atrito Muito Bom em todos os terços, mas que aponta valores piores em termos de Médias Móveis. Nesta campanha observa-se já que, quer considerados todos os alinhamentos, quer apenas os alinhamentos centrais, mesmo excluindo o eixo, que a primeiro terço aponta para um patamar vermelho, atrito Mau, o segundo terço mantém-se para efeitos de publicação no valor Bom e para efeitos de manutenção no valor Médio, e o terceiro terço para efeitos de publicação passa a ser Médio em vez de Bom e para efeitos de manutenção passou a ser Mau em vez de Médio.

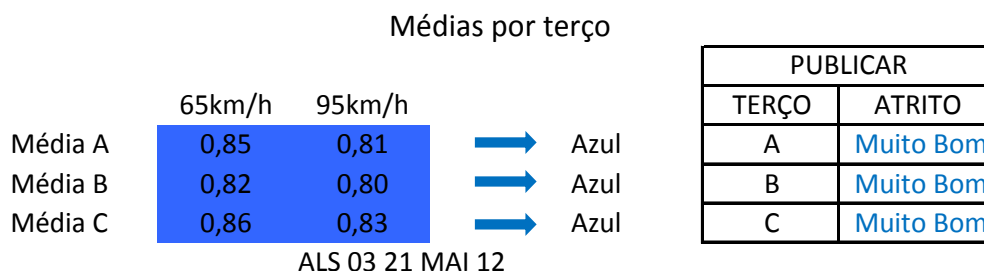


Figura E68 – Médias por terço Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Mai. 2012

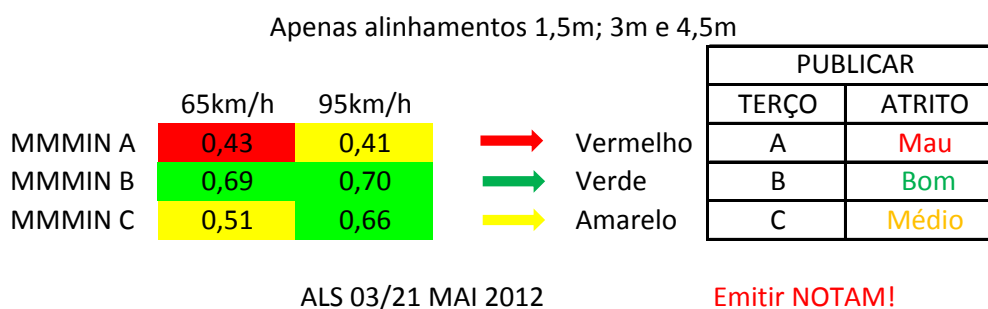
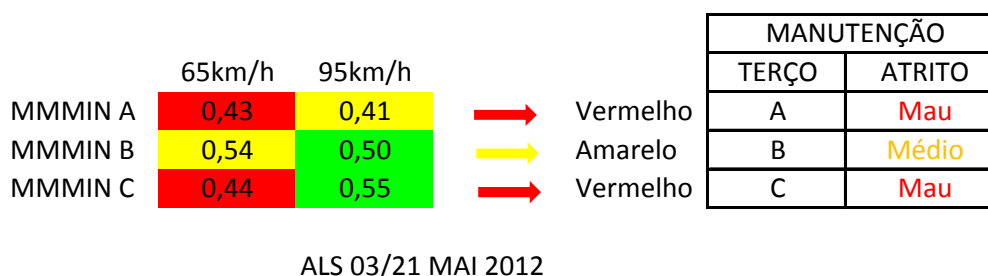


Figura E69 – Médias Móveis por terço da Pista 03/21, Aeroporto de Lisboa, Mai. 2012

Assim, sugere-se que para efeitos de publicação se considere um atrito Mau no 1.º terço, Bom no terço intermédio e Médio no 3.º terço; que complementarmente seja emitido um NOTAM a divulgar que a pista no 1.º terço se pode tornar escorregadia quando molhada e que se programe uma operação, urgente de limpeza, a qual deverá incidir principalmente nos troços extremos da pista, uma vez que para efeitos de manutenção também o 3.º terço se classifica como Mau.

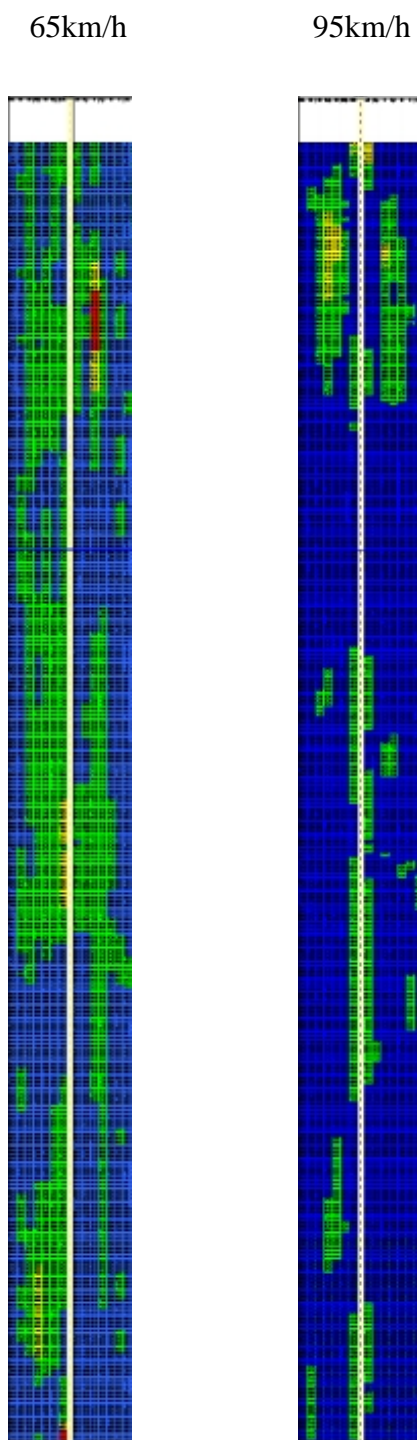


Figura E70 - Médias Móveis Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa, Mai. 2012

Como nesta pista há muito tráfego, o qual resulta numa grande contaminação da pista e também numa janela de oportunidade para avaliações muito restrita, não se aconselham avaliações de textura ou de atrito pontual, é preferível assumir que o problema se relaciona com o número de movimentos e com a consequente contaminação e proceder à programação de campanhas de remoção de borracha com maior frequência.

E 4.4 Textura da Pista 03/21

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁵⁶, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto.

A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

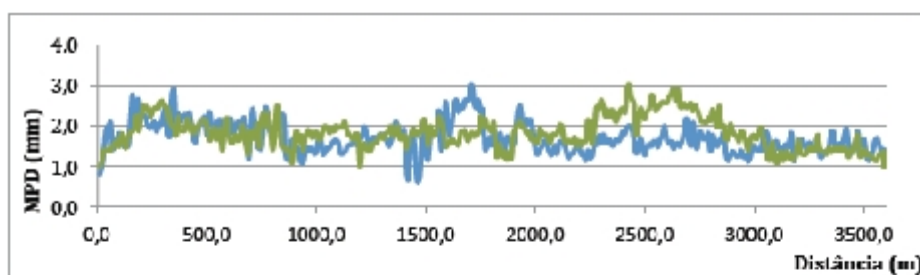


Figura 132 - Textura MPD - Alinhamento 0m

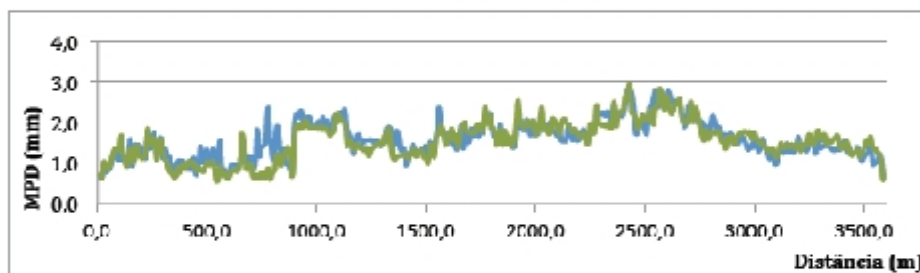


Figura 133 - Textura MPD - Alinhamento +4m

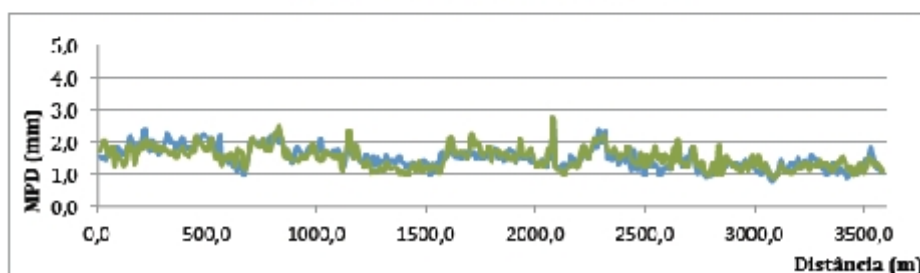


Figura 134 - Textura MPD - Alinhamento +10m

¹⁵⁶ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

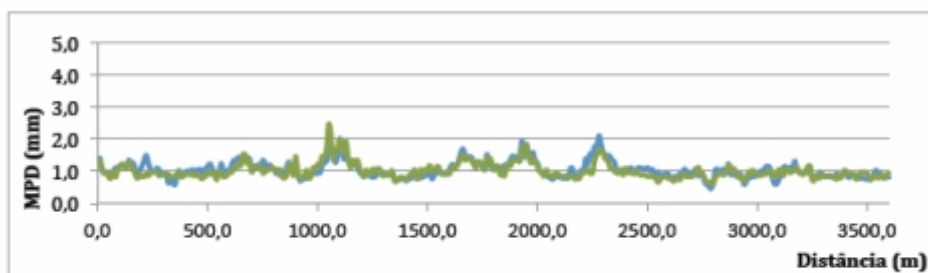


Figura 135 - Textura MPD - Alinhamento +20m

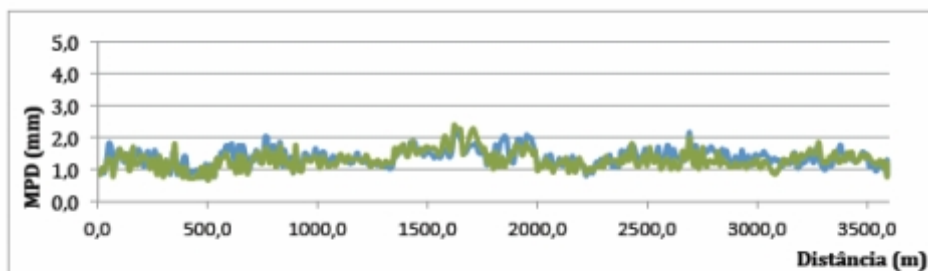


Figura 136 - Textura MPD - Alinhamento -4m

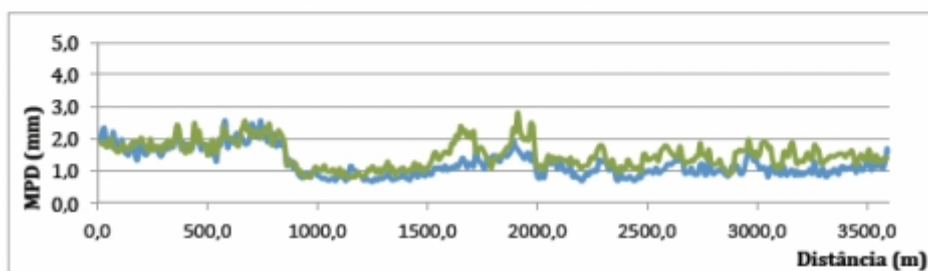


Figura 137 - Textura MPD - Alinhamento -10m

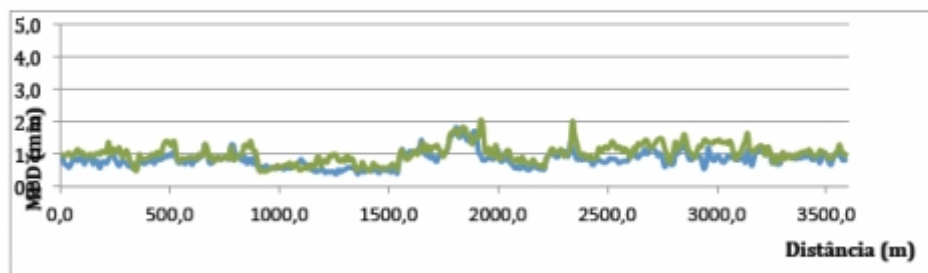


Figura 138 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E71 – Valores de textura MPD da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa

Os valores da MPD situam-se entre os 0,5mm e os 3mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁵⁷, efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁵⁸.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.27})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha, o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

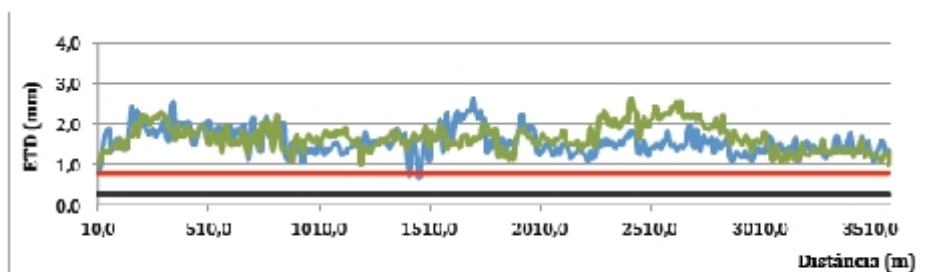


Figura 278 - Profundidade de Textura - Alinhamento 0m

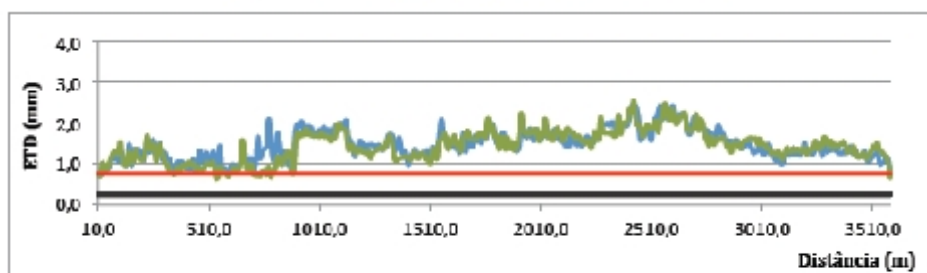


Figura 279 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

¹⁵⁷ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁵⁸ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

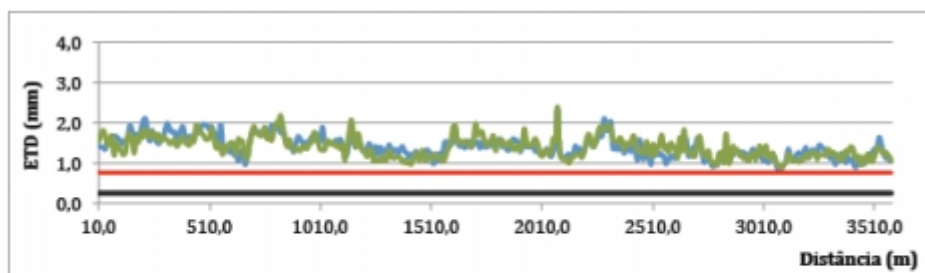


Figura 280 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

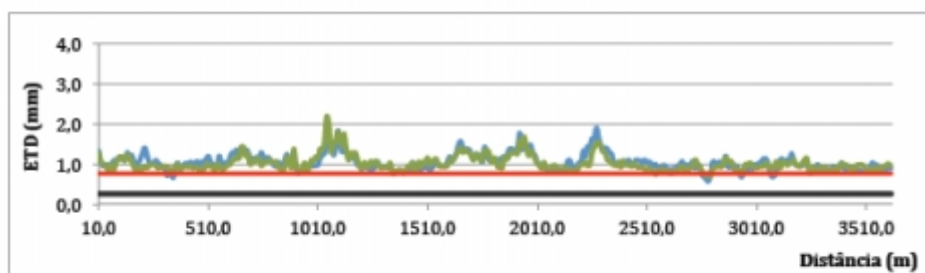


Figura 281 - Profundidade de Textura - Alinhamento +20m

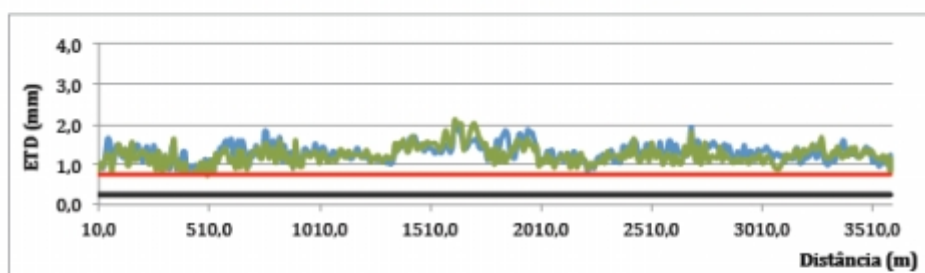


Figura 282 - Profundidade de Textura - Alinhamento -4m

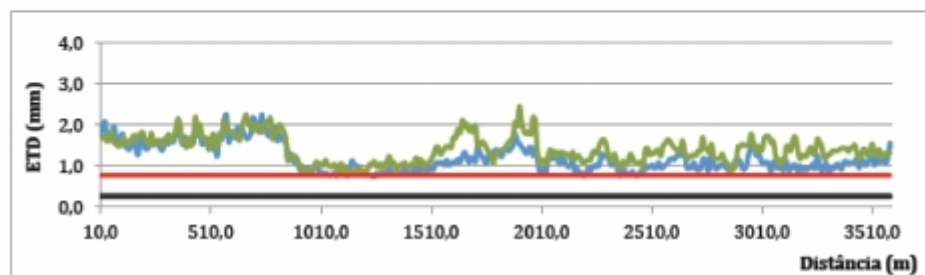


Figura 283 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

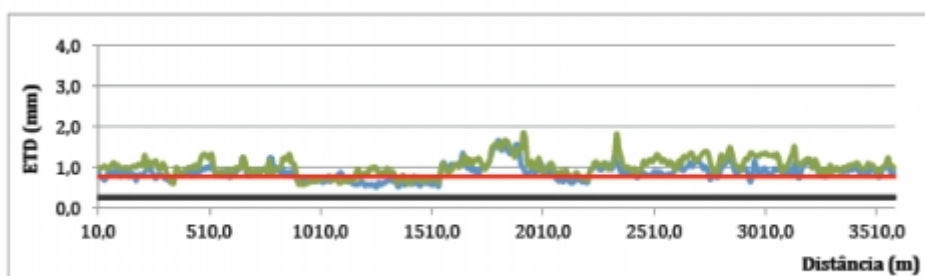


Figura 284 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E72 – Valores de textura ETD da Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, e que os valores abaixo dos 0,76mm são tão pouco expressivos, que não justificam a necessidade de intervenções.

E 4.5 Irregularidade da Pista 03/21

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁵⁹, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista. Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

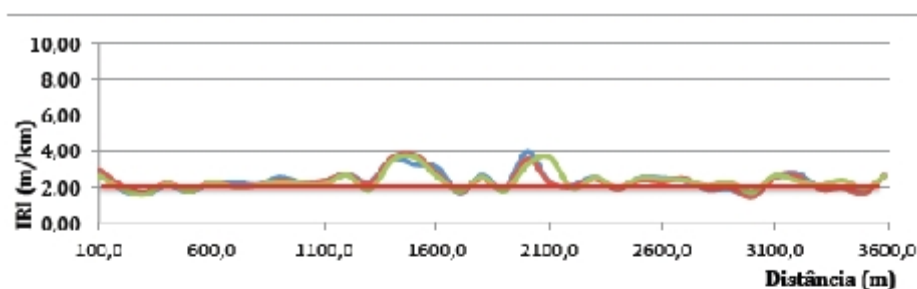


Figura 7 - IRI - Alinhamento 0m

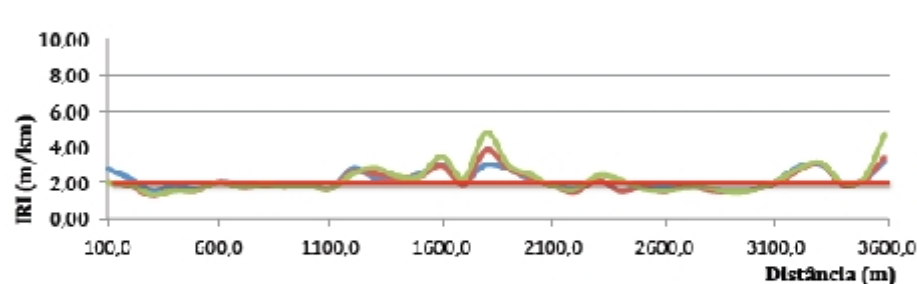


Figura 8 - IRI - Alinhamento +4m

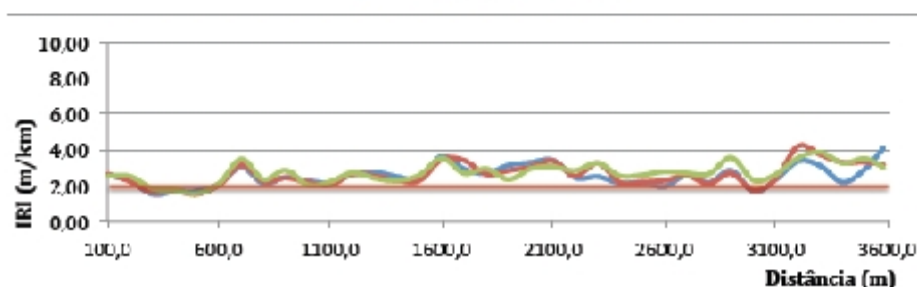


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

¹⁵⁹ ECS, EN ISO 13036-5, 2006

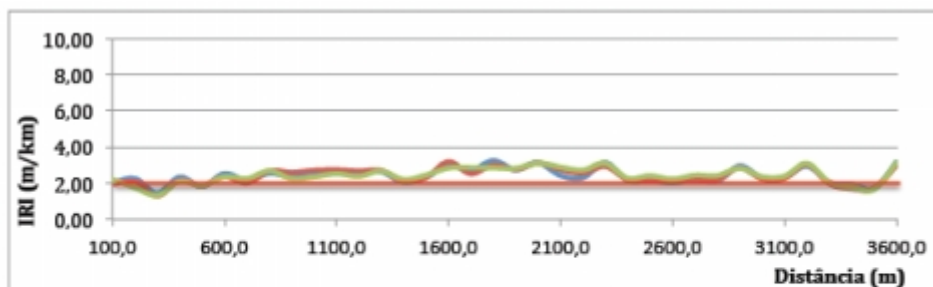


Figura 10 - IRI - Alinhamento +20m

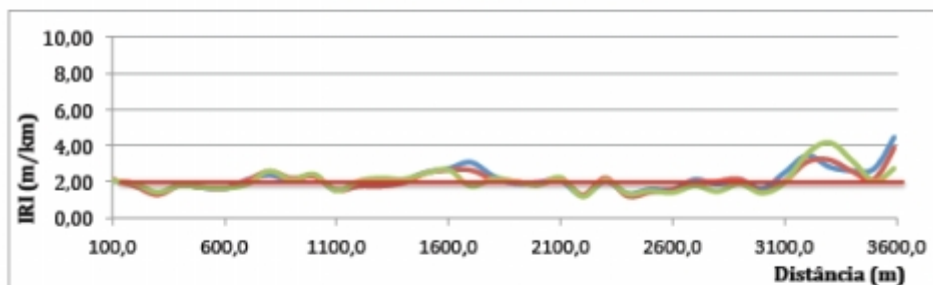


Figura 11 - IRI - Alinhamento -4m

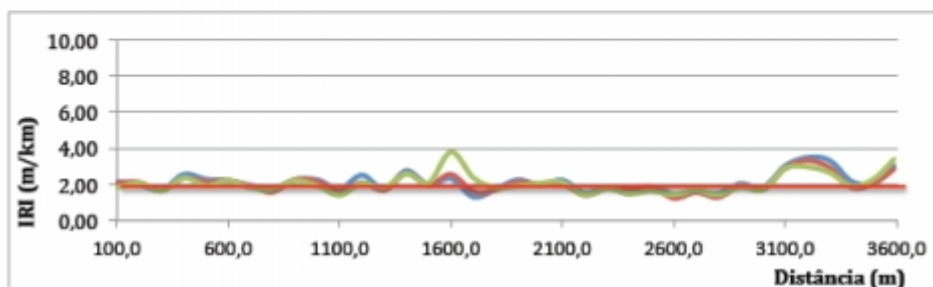


Figura 12 - IRI - Alinhamento -10m

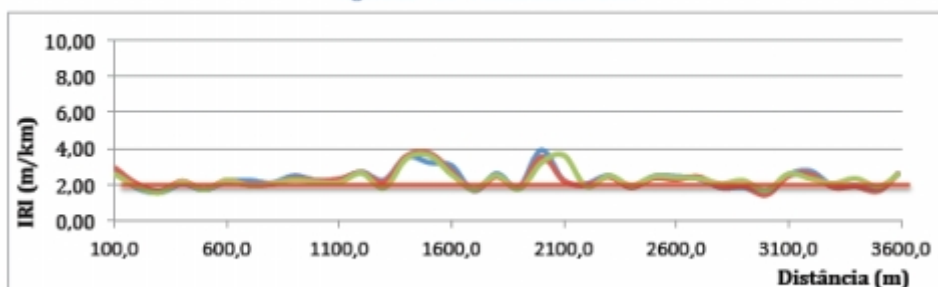


Figura 13 - IRI - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E73 - Valores de IRI da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,30m/km. Note-se que todos os alinhamentos excedem o valor limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação à Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 03-21	2,30	2,07	2,10	2,40	2,16	2,64	2,43	2,30

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E74 – Valor do IRI da Pista 03/21, do Aeroporto de Lisboa

E 4.6 Contaminação da Pista 03/21

A Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa manifesta um problema de contaminação com borracha, a qual, face à repartição de tráfego 80/20 se agrava na zona de toque da Pista 03. Esta situação acontece face ao considerável número de aterragens por dia que aí acontece, em média 192, que dita que as avaliações do atrito em contínuo ocorressem todos os meses e que as operações de remoção de borracha da pista acontecessem de 4 em 4 meses, sendo que na realidade, o que acontece é uma avaliação de 6 em 6 meses e operações de remoção de borracha uma vez por ano. Assim sendo, como a acumulação de borracha para além de afetar a conspicuidade da sinalização diurna também tem efeitos adversos no coeficiente de atrito será desejável aumentar a periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e de remoção da borracha da pista.

E 4.7 Publicação e ações a desenvolver na Pista 03/21

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 03/21 do Aeroporto de Lisboa é Mau no 1.º terço; Bom no 2.º terço e Médio no 3.º terço e para que seja emitido um NOTAM a divulgar que a pista no 1.º terço se pode tornar escorregadia quando molhada e que se programe uma operação, urgente de limpeza, a qual deverá incidir principalmente nos troços extremos da pista, uma vez que para efeitos de manutenção também o 3.º terço se classifica como Mau. Esta situação não obstante a classificação da textura da pista seja boa, macrotextura medianamente fechada a muito aberta, C a E, e o PCI de 60% da pista seja Muito Bom.

Quanto à irregularidade, muito embora o parâmetro do IRI esteja para além do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo, em média igual a 2,30, com um máximo de 2,64, é ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 4.8 Pista 17/35

E 4.8.1. Tráfego na Pista 17/35

A Pista 17/35 do Aeroporto de Lisboa, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 1.000, que se traduz num número médio de 3 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 17/35 é da ordem dos 5/95. O maior número de aterragens acontece na Pista 35, em média com 1 aterragem por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo uma vez por ano e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 4.8.2. Características geométricas da Pista 17/35

A Pista 17/35 do Aeroporto de Lisboa, tem 2.304m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 15m.

E 4.8.3. Constituição do pavimento da Pista 17/35

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- Pk0+425: 7cm Desgaste + 32cm Regularização e Base; Total 39cm;
- Pk1+850: 4cm Desgaste + 31,5cm Regularização e Base; Total 35,5cm;
- Pk2+100: 7cm Desgaste + 28,5cm Regularização e Base; Total 32,5cm.

E 4.8.4. Inspeção visual à Pista 17/35

A inspeção visual à Pista 17/35 do Aeroporto de Lisboa foi realizada entre 3 e 18 de março e de 18 de abril a 3 de maio de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório datado de 26/04/2012 ¹⁶⁰.

¹⁶⁰ ANA, 2012, Relatório SGPA

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁶¹ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E75:

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
ALS_UA_RWY_1735_1	Flexível	7402	17	4	85,05	Muito Bom
ALS_UA_RWY_1735_2	Flexível	59048	132	14	77,19	Muito Bom
ALS_UA_RWY_1735_3	Flexível	6305	14	3	65,97	Bom
ALS_UA_RWY_1735_4	Flexível	5684	13	3	36,75	Pobre
ALS_UA_RWY_1735_5	Flexível	3884	8	2	77,25	Muito Bom
ALS_UA_RWY_1735_6	Flexível	6561	15	3	66,18	Bom
ALS_UA_RWY_1735_7	Flexível	4334	10	2	66,76	Bom
ALS_UA_RWY_1735_8	Flexível	4150	10	2	96,17	Excelente
ALS_UA_RWY_1735_9	Flexível	6098	14	3	55,90	Razoável
ALS_UA_RWY_1735_10	Flexível	6275	14	3	90,55	Excelente
ALS_UA_RWY_1735_11	Flexível	7080	16	4	94,84	Excelente
ALS_UA_RWY_1735_12	Flexível	14267	31	4	86,26	Excelente

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E75 – Valores de PCI da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

¹⁶¹ ASTM, D 5340-11, 2011

PCI Pista 17/35 Aeroporto de Lisboa

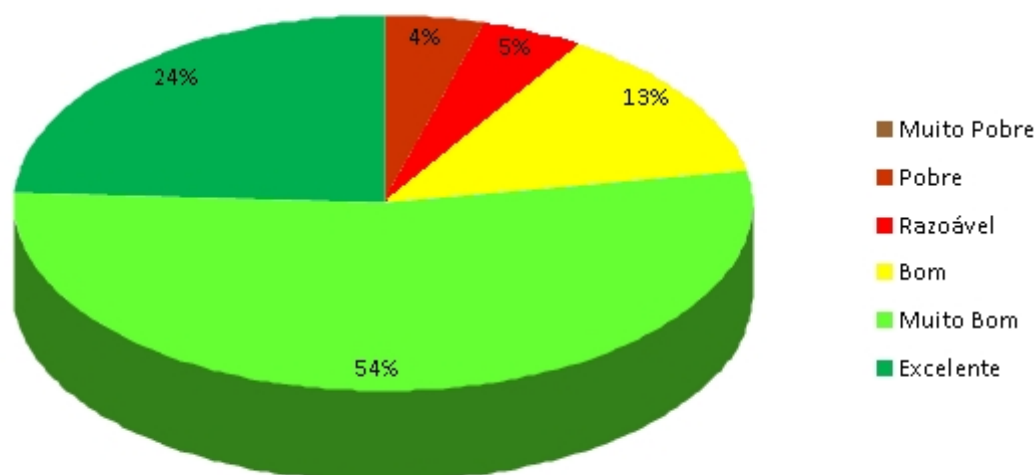


Figura E76 – PCIs da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

E 4.9 Atrito da Pista 17/35

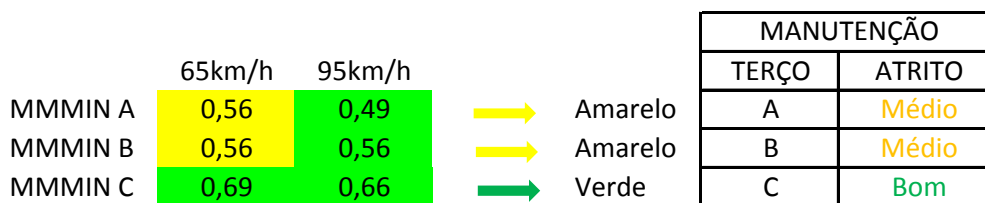
Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 17/35 do Aeroporto de Lisboa, realizada pela DIA/ANA em maio de 2010, observa-se que os resultados das médias por terço, quer das avaliações efetuadas a 65km/h, quer das avaliações efetuadas a 95km/h, apontam para valores de coeficiente de atrito Muito Bom, situando-se todos no patamar azul.

Médias por terço				
	65km/h	95km/h		
Média A	0,98	0,93	→	Azul
Média B	0,94	0,91	→	Azul
Média C	0,95	0,95	→	Azul

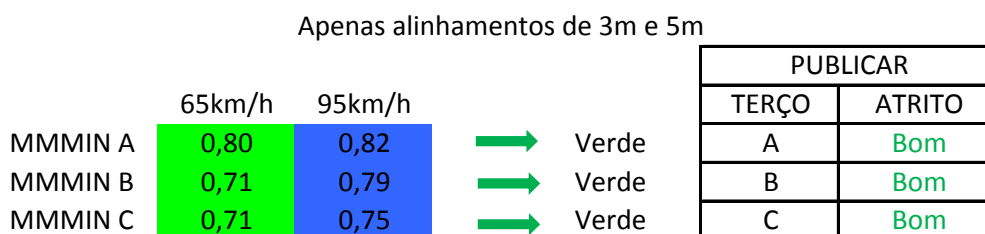
PUBLICAR	
TERÇO	ATRITO
A	Muito Bom
B	Muito Bom
C	Muito Bom

Figura E77 – Médias por terço Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Mai. 2010

Esse relatório salienta a “perseverança” dos resultados do atrito quando comparados com os resultados da anterior campanha que tinha ocorrido em outubro de 2009 (7 meses antes), não obstante o registo de um ligeiro decréscimo dos valores, fazendo ainda referência à existência, no eixo da pista, de valores inferiores ao mínimo, os quais ainda que não adjacentes, e por isso em troços nunca superiores a 100m, representam 6% dos valores. Salienta ainda a influência positiva do *grooving* nos bons resultados observados.



ALS 17/35 MAI 2010



ALS 17/35 MAI 2010

Figura E78 – Médias Móveis da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Mai. 2010

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (eixo/3/5m do eixo e 5m da berma) a 65km/h tem-se que nos dois primeiros terços estes apontam para o patamar amarelo, atrito Médio e no 3.º terço para o patamar verde, atrito Bom, isto não obstante de quando observados os gráficos de cor o amarelo apareça muito pouco e o azul ser o que mais frequentemente se observa. A 95km/h os valores apontam para o patamar verde, atrito Bom, ainda que, também neste caso o valor mais frequentemente observado seja o azul e não o verde. Quando analisados apenas os valores dos alinhamentos centrais, com exceção do eixo, os valores mínimos das Médias Móveis, a 65km/h apontam para o patamar verde, atrito Bom e a 95km/h para o patamar azul, atrito Muito Bom, pelo que a classificação a atribuir recairá para um atrito Bom em todos os terços, podendo os valores obtidos com a consideração de todos os alinhamentos, ser utilizados para efeitos de manutenção, a qual poderá justificar o desenvolvimento de algumas ações especialmente nos dois primeiros terços da pista. Atendendo a que estes patamares resultam dos ensaios realizados à velocidade mais baixa, as ações a desenvolver deverão visar a correção da macrotextura/limpeza/drenagem, na qual se destaca a contaminação, em virtude do número de movimentos.

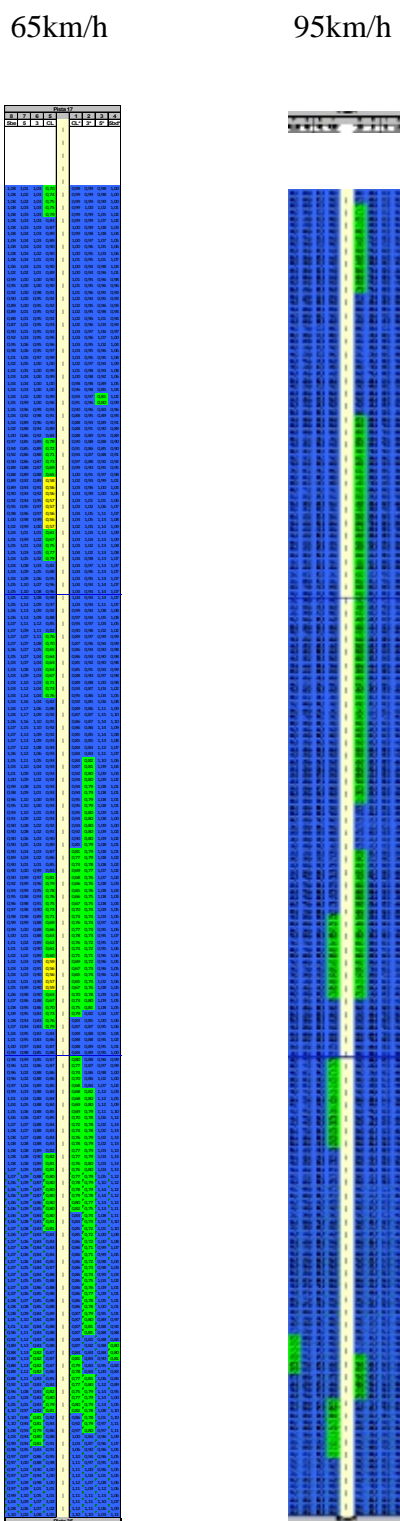


Figura E79 - Médias Móveis da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Mai. 2010

Em outubro de 2011, foi realizada nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito a qual apenas contemplou ensaios a 65km/h devido a uma avaria do equipamento. Esta campanha avaliou alinhamentos (no eixo, a 1,5/3/4,5/6/9 e 12m do eixo). Os valores das médias por terço apontam para um atrito Muito Bom, os Valores das Médias Móveis para um atrito Bom, em todos os terços quando considerados apenas os alinhamentos centrais, excetuando o eixo

(1,5/3 e 4,5m do eixo), e de atrito Bom nos terços das extremidades e atrito Médio no terço intermédio, quando contemplados na análise todos os alinhamentos avaliados. Neste caso, os valores para efeitos de publicação, mantêm-se, atrito Bom em todos os terços.

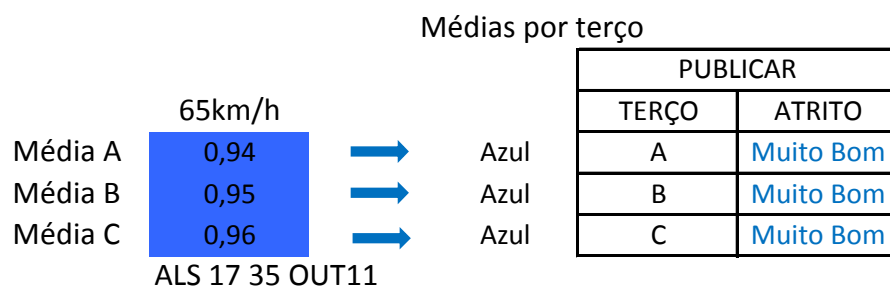


Figura E80 – Médias por terço da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

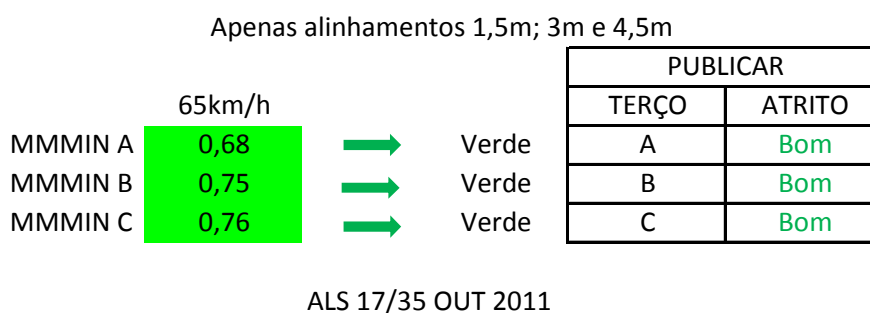
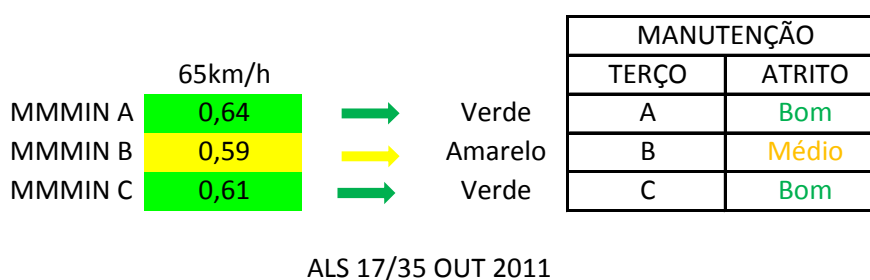


Figura E81 – Médias Móveis da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

65km/h

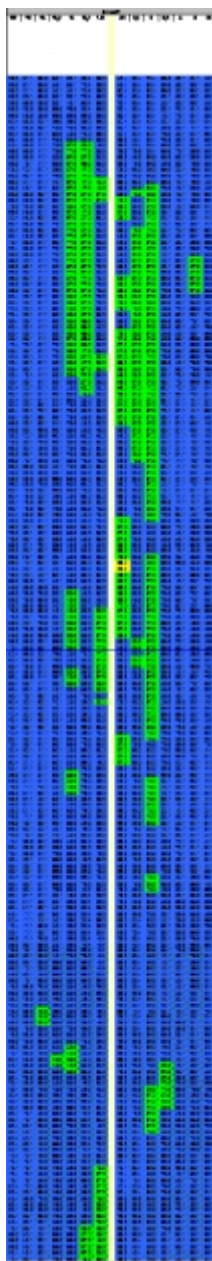


Figura E82 - Médias Móveis da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Out. 2011

Depois desta campanha, em dezembro de 2011 a Pista 17/35 foi alvo de uma campanha de remoção de borracha, posteriormente, em fevereiro de 2012 foi efetuada nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito.

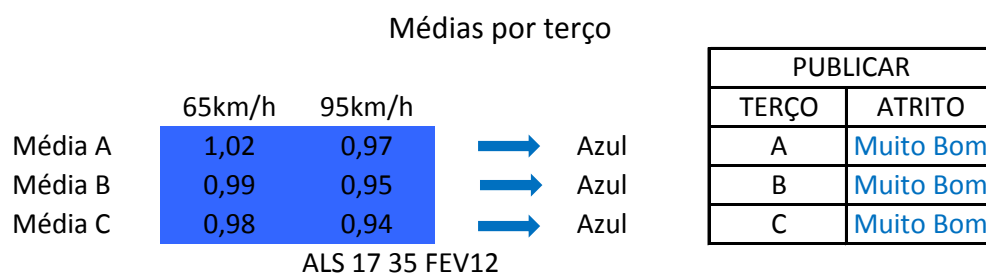


Figura E83 – Médias por terço da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

Nesta campanha os valores das médias por terço continuam, em todos os terços no patamar azul, atrito Muito Bom.

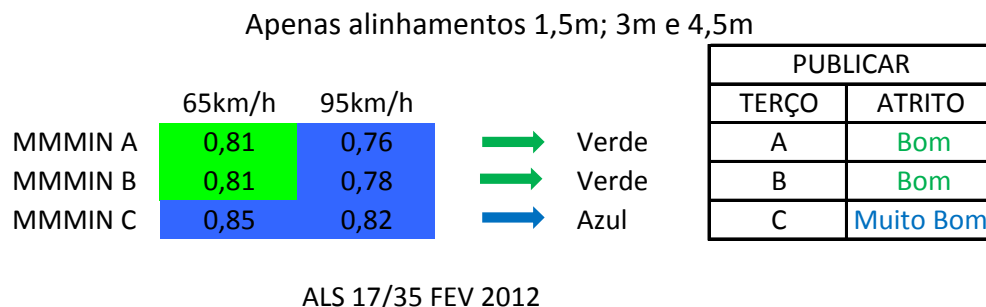
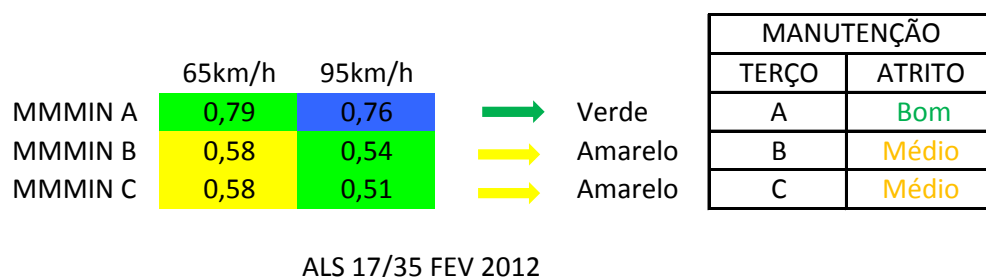


Figura E84 – Médias Móveis da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

Relativamente às Médias Móveis, quando contemplados os resultados de todos os alinhamentos, observa-se um decréscimo de patamar no 3.º terço, que passa de ter um atrito Bom para um atrito Médio, acontecendo precisamente o inverso caso se contemplem apenas os alinhamentos centrais, com exceção do eixo, pois neste caso o 3.º terço passa de uma classificação de Bom para Muito Bom, esta diferença deve-se ao decréscimo dos valores do atrito, entre as campanhas de outubro e fevereiro, mas apenas ao longo do eixo.

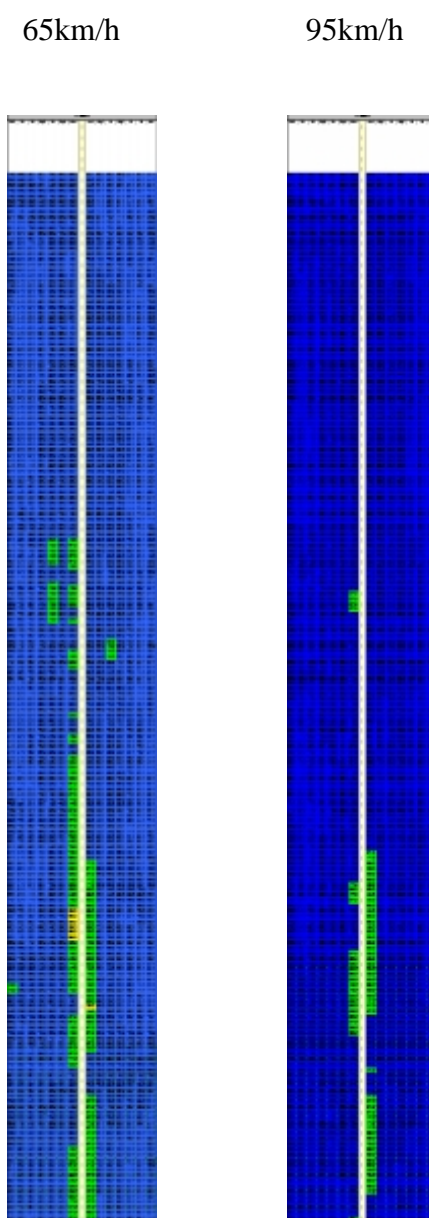


Figura E85 - Médias Móveis Pista 17/35, Aeroporto de Lisboa, Fev. 2012

Neste caso o que se sugere é que para efeitos de publicação em sede de informação aeronáutica, se considere que o atrito é Bom nos dois primeiros terços e Muito Bom no último terço e que para efeitos de manutenção se programem intervenções, nomeadamente limpeza, a qual deverá incidir ao longo do eixo da pista, principalmente nos dois últimos terços.

E 4.10 Textura da Pista 17/35

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁶², do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

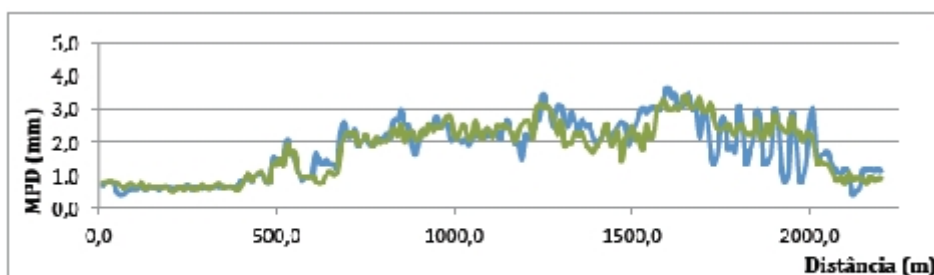


Figura 139 - Textura MPD - Alinhamento 0m

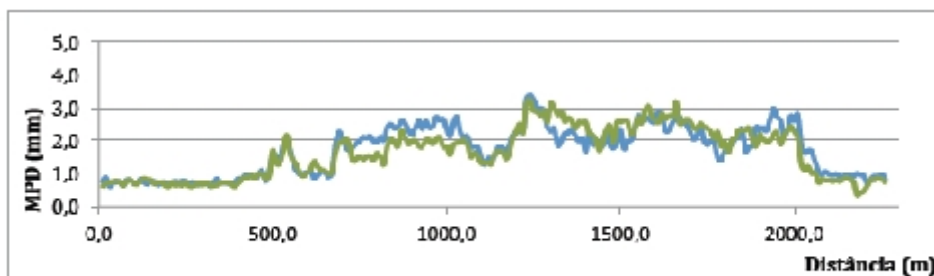


Figura 140 - Textura MPD - Alinhamento +1m

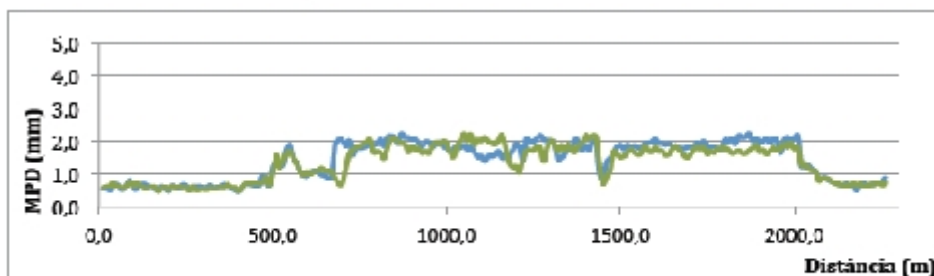


Figura 141 - Textura MPD - Alinhamento +10m

¹⁶² IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

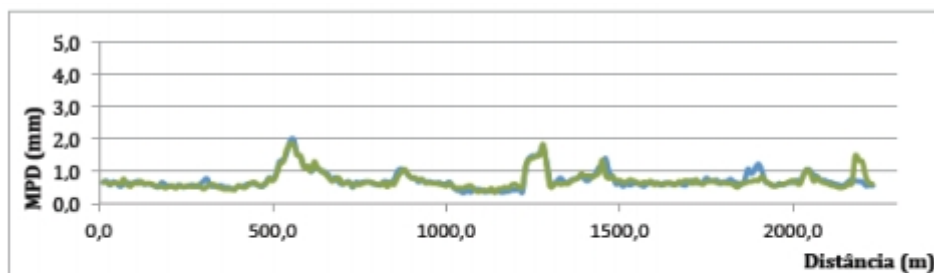


Figura 142 - Textura MPD - Alinhamento +20m

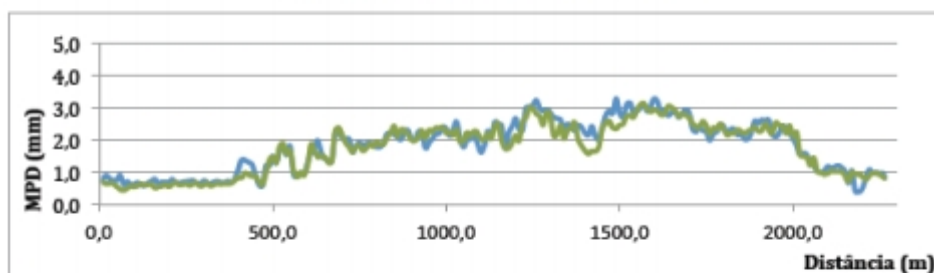


Figura 143 - Textura MPD - Alinhamento -4m

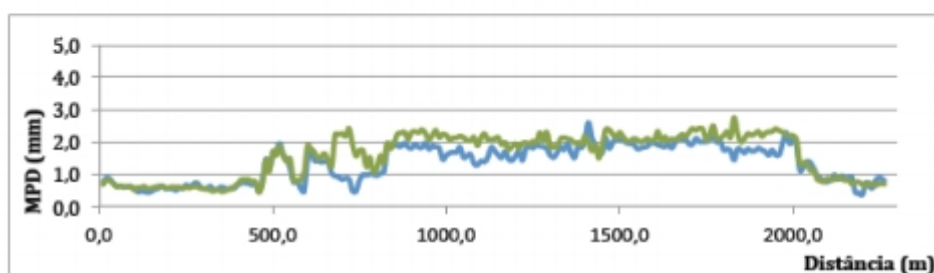


Figura 144 - Textura MPD - Alinhamento -10m

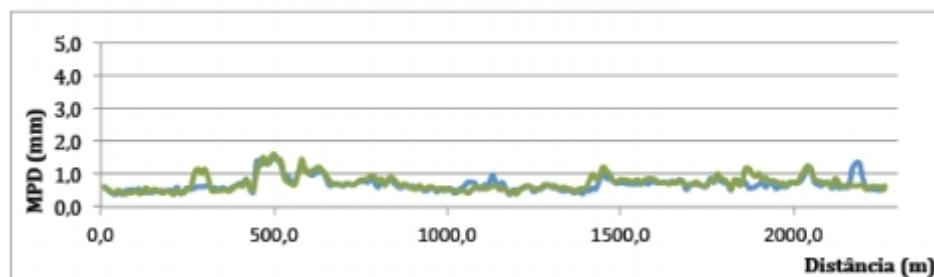


Figura 145 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E86 – Valores de textura MPD da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

Os valores da MPD situam-se entre os 0,2mm e os 3,8mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁶³, efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁶⁴.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.28})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha, o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

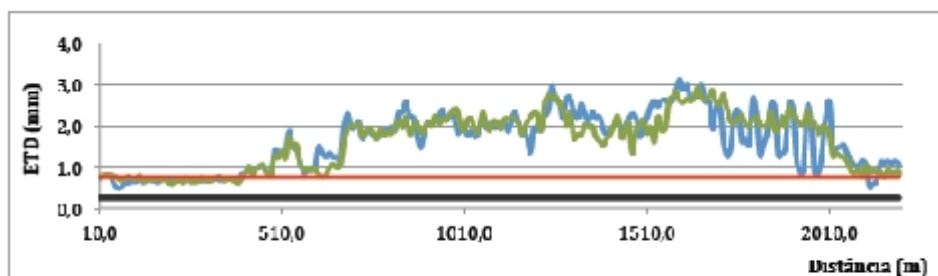


Figura 285 - Profundidade de Textura - Alinhamento 0m

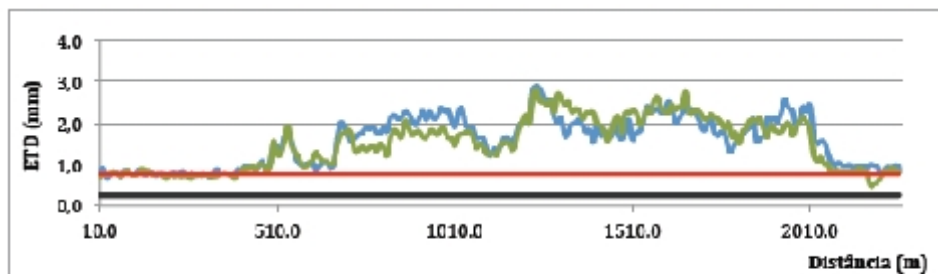


Figura 286 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

¹⁶³ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁶⁴ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

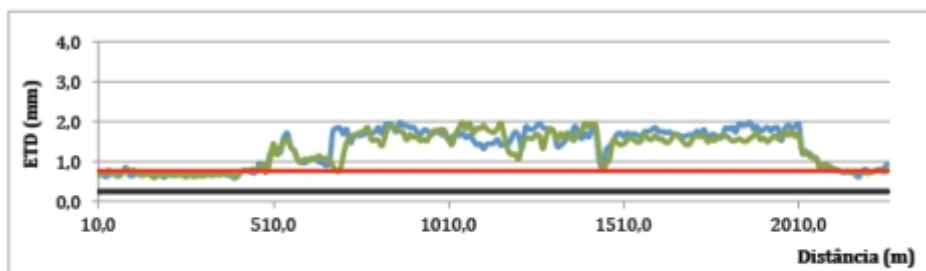


Figura 287 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

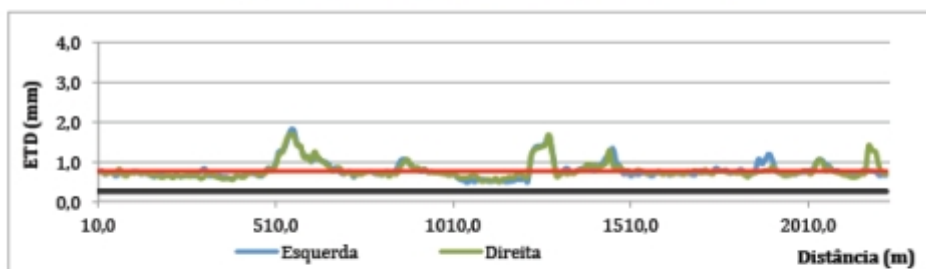


Figura 288 - Profundidade de Textura - Alinhamento +20m

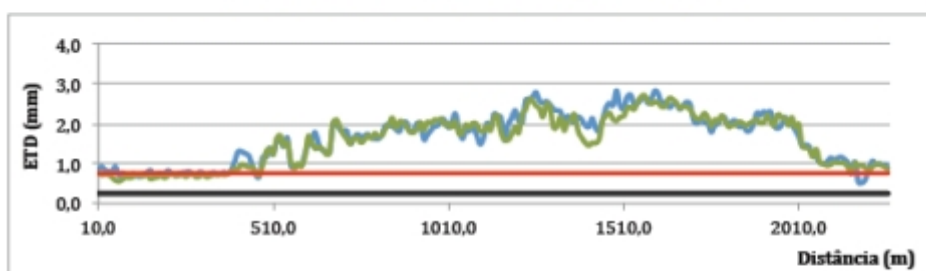


Figura 289 - Profundidade de Textura - Alinhamento -4m

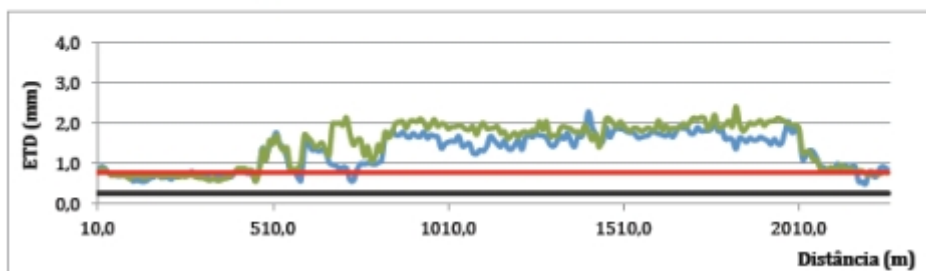


Figura 290 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

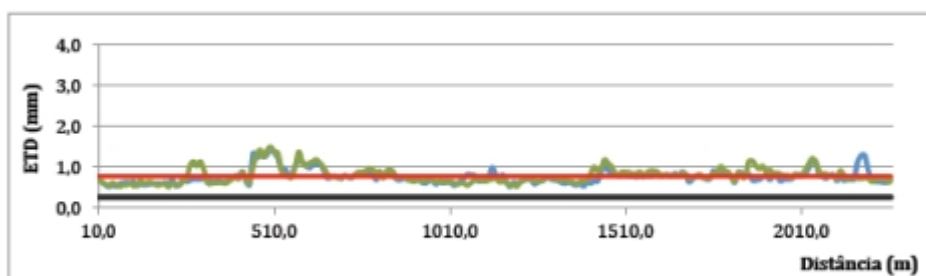


Figura 291 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E87 – Valores de textura ETD da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm e o que os valores abaixo dos 0,76 são tão pouco expressivos que não justificam a necessidade de intervenções.

E 4.11 Irregularidade da Pista 17/35

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁶⁵, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

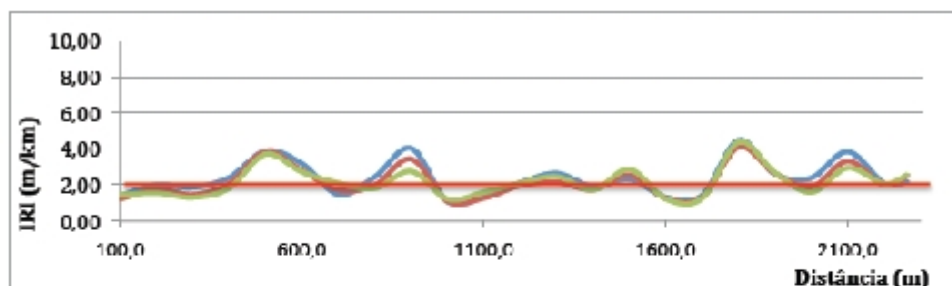


Figura 14 – IRI - Alinhamento 0m

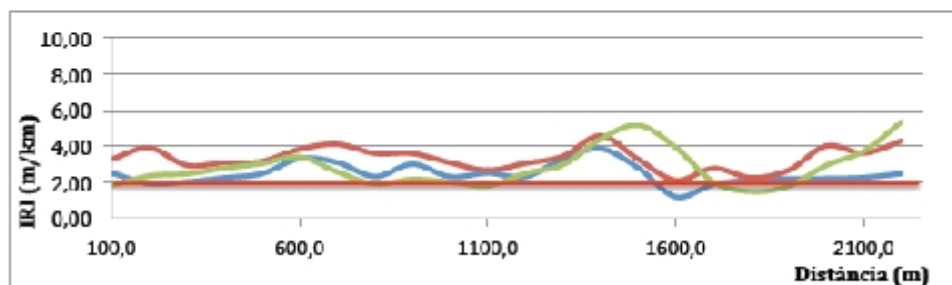


Figura 15 - IRI - Alinhamento +4m

¹⁶⁵ ECS, EN 13036-5, 2006

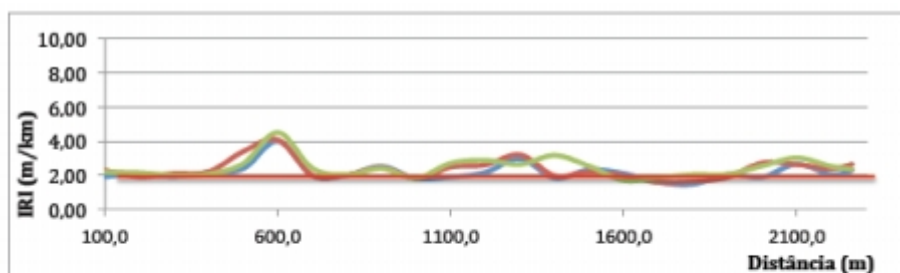


Figura 16 - IRI - Alinhamento +10m

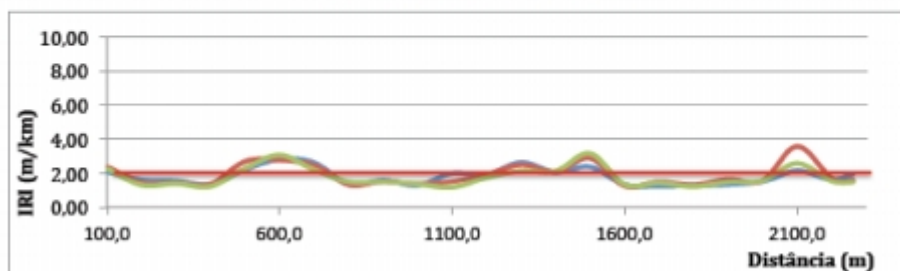


Figura 17 - IRI - Alinhamento -20m

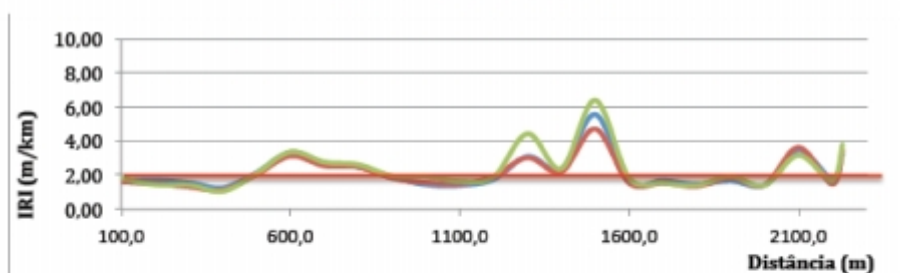


Figura 18 - IRI - Alinhamento -4m

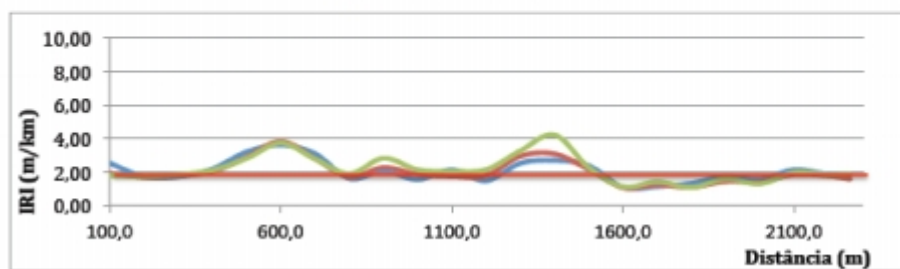


Figura 19 - IRI - Alinhamento -10m

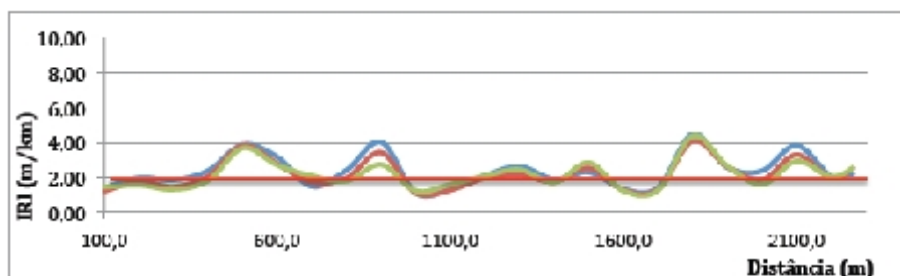


Figura 20 - IRI Alinhamento 20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E88 - Valores de IRI da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,22m/km. Note-se que todos os alinhamentos com exceção dos situados a 10 metros de ambos os lados do eixo, excedem o valor limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação à Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 17-35	2,23	1,98	2,07	2,89	2,32	1,83	2,22	2,22

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E89 – Valor do IRI da Pista 17/35, do Aeroporto de Lisboa

E 4.12 Contaminação da Pista 17/35

A Pista 17/35 não tem problemas de contaminação.

E 4.13 Publicação e Ações a desenvolver na Pista 17/35

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 17/35 do Aeroporto de Lisboa é Bom nos 1.º e 2.º terços, e Muito Bom no 3.º terço.

Não obstante a publicação do coeficiente de atrito aponte para valores Bom e Muito Bom, que não conduzem à necessidade de adoção de medidas face a este parâmetro, e dos resultados de avaliação da textura da pista apontarem para uma macrotextura fechada a muito aberta, C a E, e ainda do PCI de 54% da pista ser Muito Bom e de 24% da pista ser Excelente. Para efeitos de manutenção, em virtude de alguns valores do coeficiente de atrito, sugere-se que se programem intervenções, nomeadamente de limpeza, a qual deverá incidir ao longo do eixo da pista, principalmente nos dois últimos terços.

Quanto à irregularidade, muito embora o parâmetro do IRI esteja para além do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo, em média igual a 2,22, com um máximo de 2,89, é ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 5. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DA MADEIRA

E 5.1 Diagnóstico

E 5.1.1. Dados históricos do Aeroporto da Madeira



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E90 – Vista em planta do Aeroporto da Madeira

Segundo uma resenha histórica gentilmente cedida pela ANAM, o primeiro avião a aterrar na Madeira fê-lo no ano de 1957, no sítio de Santa Catarina, numa pista experimental. Nesse mesmo lugar nasce posteriormente o Aeroporto do Funchal, a 8 de julho de 1964. O aeroporto contava com uma pista de 1600m, e uma plataforma de estacionamento com capacidade para cinco aeronaves.

Entre os anos de 1982 e 1986 a pista foi aumentada para 1800m. Foram incrementadas ambas as extremidades da pista. Do lado da soleira 06, agora 05, o incremento de comprimento foi de 50m, do lado da 24, agora 23, foi de 150m. A placa de estacionamento também aumentou a sua capacidade, para nove posições.

Em 15 de setembro de 2000 foi inaugurada a nova pista do Aeroporto da Madeira, com 2.781m de comprimento. A obra, de grande complexidade técnica atendendo à necessidade de construção sobre o mar, constou da execução de um aterro sobre o qual assentam 180 pilares que sustentam a estrutura da pista do lado da soleira 23. Esta obra ganhou em 2001 o “Prémio Secil” de engenharia e em 2004 o “Prémio Mundial de Engenharia de Estruturas”, para além de ter sido selecionada pela Ordem dos Engenheiros como uma das “100 Obras de Engenharia Civil do Século XX”.

No ano de 2002 foi inaugurado o novo terminal de passageiros, o qual dispõe de 40 balcões de *check-in*, 16 portas de embarque, 3 tapetes rolantes para bagagens à partida e 4 bagagens à chegada. Para além da reformulação de todos os sistemas e infraestruturas de apoio, nessa obra foram ainda contemplados os aspetos ligados aos novos acessos e aos estacionamento de viaturas. Tendo sido alvo de especial atenção a recomposição da estrutura viária circundante ao aeroporto e ao acesso à cidade de Machico. Em outubro de 2003 foi inaugurado o alargamento da área de estacionamento e a reformulação dos acessos pedonais à aerogare.

A construção e alterações do lado ar do Aeroporto da Madeira ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E91.

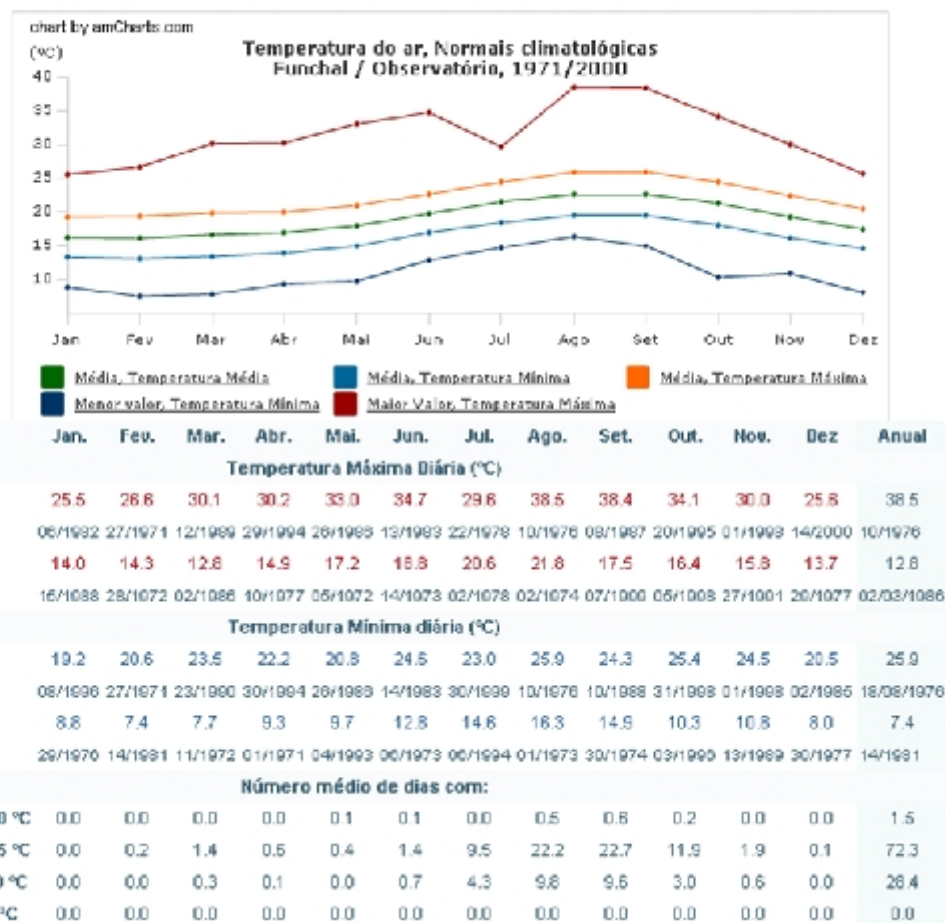
Ano	Intervenções
1957	- Primeiro avião aterra na pista experimental no sítio de Santa Catarina
1964	- Entrada em funcionamento do Aeroporto do Funchal, no sítio de Santa Catarina. Pista com 1600m de comprimento. - Plataforma de estacionamento com 5 posições
1982/86	- Ampliação da pista para 1.800m de comprimento, construção de 50m na soleira 06, agora 05 e 150m na soleira 24, agora 23 - Ampliação da plataforma de estacionamento para 9 posições
2000	Ampliação da pista para 2.781m de comprimento, construção de 981m do lado da soleira 23, onde foi necessário um aterro sobre o mar para sustentação de 180 pilares que suportam parte da nova estrutura da pista
2002/2003	- Novo terminal de passageiros, com 40 balcões de <i>check-in</i> , 16 portas de embarque, 3 tapetes rolantes para bagagens à partida e 4 bagagens à chegada - Alargamento da área de estacionamento e reformulação dos acessos pedonais à aerogare

Figura E91 – Cronograma da vida do Aeroporto da Madeira

E 5.1.2. Condições atmosféricas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - FUNCHAL, OBSERVATÓRIO

Estação: sinóptica; Número: 522; Localização: Lat.: 32°30'N; Lon.: 19°53'W; Alt.: 50m; Período de funcionamento: 01-0



Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E92 – Temperaturas do Funchal, entre 1971 e 2000

O Funchal apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 7,4°C e um máximo de 38,5°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente agosto.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - FUNCHAL, OBSERVATÓRIO

Estação: sinótica; Número: 522; Localização: Lat: 32°38'N; Lon: 16°53'W; Alt: 58m; Período de funcionamento: 01-01

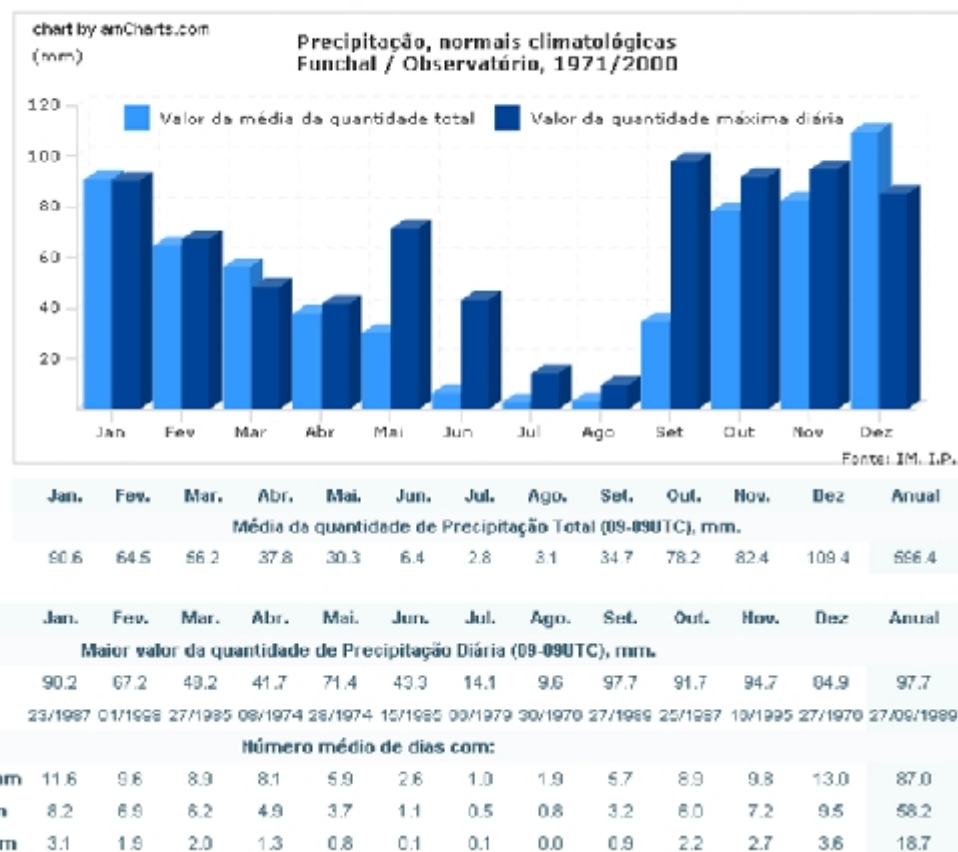
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E93 – Precipitação do Funchal, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 596,4mm, o maior valor de precipitação diária foi 97,7mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 58.

E 5.1.3. Tráfego na Pista 05/23

A pista da Madeira, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 25.000, que se traduz num número médio de 68 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 05/23 é da ordem dos 70/30. O maior número de aterragens acontece na Pista 05, em média com 25 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo a cada 6 meses e, caso justificável, campanhas anuais de remoção de borracha.

E 5.1.4. Características geométricas da Pista 05/23

A pista do Aeroporto da Madeira, designada 05/23, tem 2.781m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m. A pista tem entre soleiras 2.481m, dispondo atrás de cada soleira extensões pavimentadas de 150m.

Em termos de inclinações longitudinais a pista subdivide-se em três trainéis, todos eles com inclinação ascendente da soleira 05 para soleira 23. O trainel entre a soleira 05 e o km0+750, tem uma inclinação longitudinal de 0,8%, o trainel entre o km0+750 e o km1+624 tem uma inclinação longitudinal de 1% e o trainel entre o km1+624 e a soleira 23 tem uma inclinação longitudinal de 0.02%. Transversalmente o perfil da pista é composto por duas águas com inclinação descendente do eixo para a berma igual a 1,5%. As bermas também têm uma inclinação descendente para o exterior, igual a 2,5%.

E 5.1.5. Constituição do pavimento da Pista 05/23

Relativamente à constituição do pavimento a pista divide-se em três zonas distintas. A primeira, na envolvente da soleira 05 constituída por uma laje em betão de cimento armado com 53cm de espessura, assente sobre uma base em solo tratado com cimento. A segunda 100m após a soleira 05 até 150m antes da soleira 23, constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras: 8cm camada de desgaste em tapete betuminoso + 8cm camada de regularização em mistura betuminosa densa + 10cm camada de enchimento em macadame betuminoso sobre uma sub-base com 15cm em agregado britado de granulometria contínua e uma base com 15cm de brita; Total MB 26cm. A terceira, na envolvente da soleira 23 constituída por uma laje em betão de cimento armado com 30cm de espessura, assente sobre a estrutura suportada pelos fundeados no aterro construído sobre o mar.

E 5.1.6. VSA, LVC, Inspeção a pé e PCI

A inspeção visual do Aeroporto da Madeira foi realizada pela autora do estudo no dia 10 de novembro de 2010. Para o teste dos diferentes tipos de inspeção e comparação de resultados foram: calculado o Valor de Serviço Atual, VSA (ou PSR); realizado o Levantamento Visual Contínuo, LVC; inspeção a pé e levantamento de patologias; e o cálculo do *Pavement Condition Index*, PCI.

1) Valor de serviço atual - VSA

O cálculo do Valor de Serviço Atual, foi obtido a partir das classificações atribuídas pela autora do estudo e por mais dois colegas, que após percorrer a pista, respeitando todos os pressupostos de avaliação, atribuíram os valores de VSA cuja média resultou no valor de 3,2, correspondente a uma classificação de VSA/PSR, BOM.

2) Levantamento visual contínuo

O levantamento visual contínuo de toda a pista foi realizado após subdivisão da mesma em troços não de 300m conforme o inicialmente proposto, mas em troços cujos pavimentos são diferentes. O 1.º troço corresponde à porção da pista em pavimento rígido na envolvente à soleira 23, o 2.º troço corresponde à porção central da pista em pavimento flexível, o 3.º troço corresponde à porção da pista em pavimento rígido na envolvente à soleira 05.

Nos 1.º e 3.º troços, o pavimento aparenta uma condição ótima sem patologias pelo que se considera a frequência/extensão da patologias baixa (é inferior a 30%) e de severidade leve; o 2.º troço permitiu a observação de fissuração longitudinal e remendos de frequência/extensão considerada média (entre 50% e 80%), uma vez que se manifestam ao longo de praticamente todo o eixo da pista e alinhamentos paralelos ao mesmo, ao longo das juntas de pavimentação, de severidade aparentemente média (2). Assim a tabela de Frequência /Severidade/Condição é a Tabela E1, onde as classificações são as resultantes do apresentado no ponto 3.3.2.

Tabela E1 - Frequência / Severidade / Condição

Pista 05/23	Frequência	Severidade	Condição
Troço 1	B	1	5
Troço 2	A	2	3
Troço 3	B	1	5

E os registos mais representativos de cada troço, são os que se apresentam nas: Figura E94; Figura E95 e Figura E96.



Figura E94 – Fotografia representativa do troço 1 da Pista 05/23



Figura E95 – Fotografia representativa do troço 2 da Pista 05/23



Figura E96 - Fotografia representativa do troço 3 da Pista 05/23

3) Inspeção visual a pé com levantamento de patologias

Antes do trabalho de campo, foi efetuado o cálculo do número de amostras a inspecionar, função dos diferentes tipos de pavimento. A pista foi dividida em 4 zonas distintas: A; B; C e D.

- A: 150m x 45m da soleira 23, pavimento em lajes de betão de cimento com 7,5m x 7,5m;
- B: 750m x 45m após a soleira 23, pavimento em betão betuminoso sobre laje apoiada sobre pilares;
- C: 1.781m x 45m, pavimento em betão betuminoso sobre aterro;
- D: 100m x 45m a montante da soleira 05, pavimento em lajes de betão de cimento com 7,5m x 7,5m.

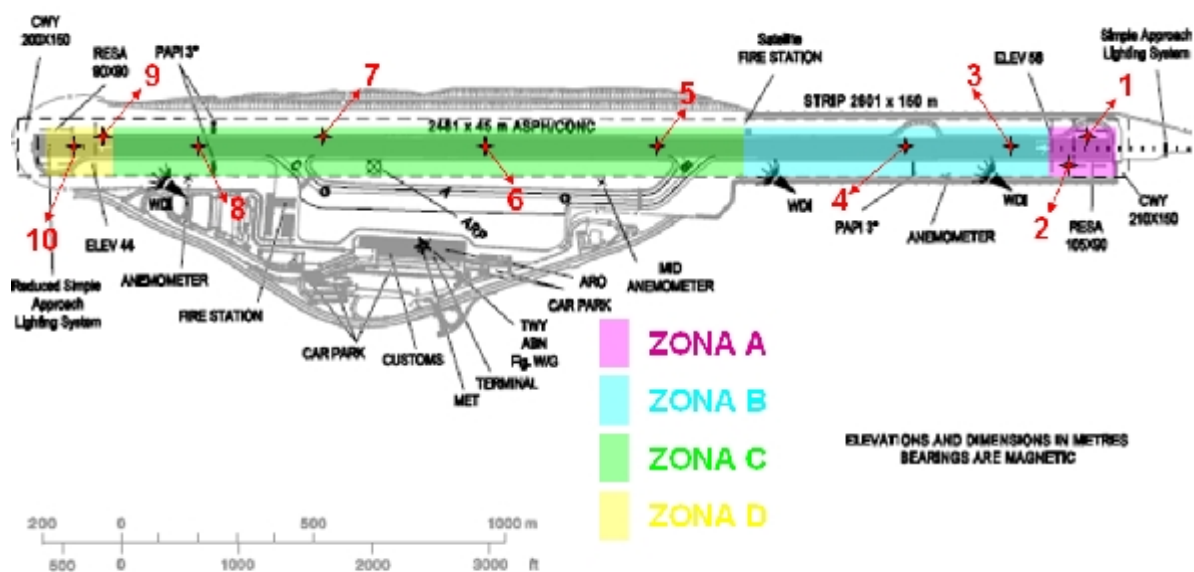


Figura E97 – Subdivisão em zonas da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

Após a subdivisão em zonas foram calculadas as unidades de amostragem por zona, as quais nos pavimentos rígidos consistem em uma unidade de amostragem por cada 20 ± 8 lajes e nos pavimentos rígidos a 1 unidade de amostragem por cada $5000 \pm 2000 \text{ m}^2$; pelo que à Zona A correspondem 6 unidades de amostragem; à Zona B correspondem 2 unidades de amostragem; à Zona C correspondem 16,03 unidades de amostragem e à Zona D corresponde 1 unidade de amostragem.

Assim, de acordo com a Tabela 3, o número de amostras a avaliar nas zonas A e B é igual a 2; na zona C igual a 4 e na zona D igual a 1.

As duas amostras avaliadas na Zona A permitiram a observação de duas lajes em betão de cimento com boas condições, conforme observável na Figura E98 e na Figura E99, apenas com a presença de alguns *popout*, os quais pelo seu parco número não são dignos de assinalar.



Figura E98 – Amostra 1, Zona A da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

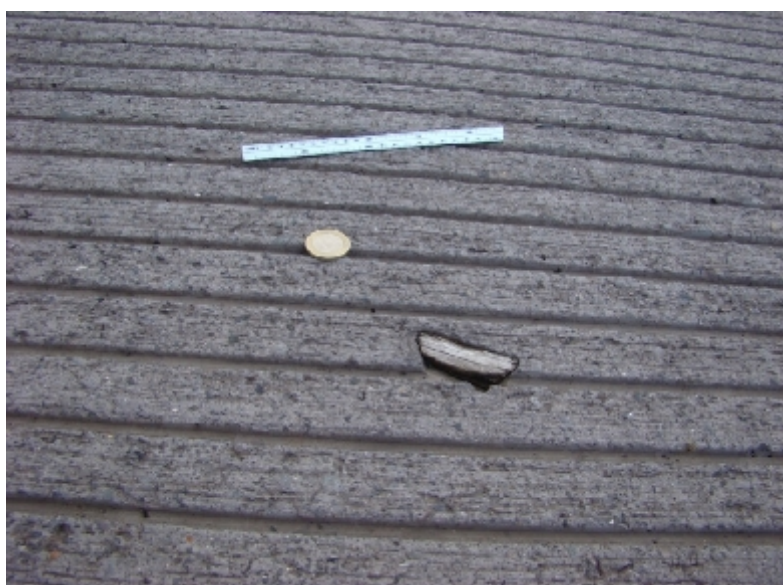


Figura E99 – Amostra 2, Zona A da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

As amostras avaliadas na zona B permitiram a observação de um pavimento com grooving com espaçamento entre ranhuras de 8cm e largura de ranhura de 0,8cm, com fissuração longitudinal e remendos. Fissuração longitudinal de gravidade elevada – E, com fissuras

extensas ao longo das juntas de pavimentação, as quais atingem os 8cm de largura e 3cm de profundidade, conforme observável na Figura E100 e na Figura E101. Remendos de gravidade reduzida - R, em boas condições, com comportamento satisfatório que não afeta a rolagem, os quais não necessitam de qualquer intervenção. O pavimento está contaminado com borracha.



Figura E100 – Amostra 3, Zona B da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira



Figura E101 – Amostra 4, Zona B da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

As quatro amostras avaliadas na Zona C permitem a observação de um pavimento com *grooving* com espaçamento entre ranhuras de 8cm e largura de ranhura de 0,8cm, com fissuração longitudinal e remendos. Fissuração longitudinal e transversal de gravidade média - M e elevada - E, com fissuras extensas ao longo das juntas de pavimentação, e outras

paralelas a estas, as quais atingem os 8cm de largura e 3cm de profundidade, conforme observável na Figura E102, na Figura E103, na Figura E104 e na Figura E105. Remendos de gravidade reduzida - R, em boas condições, com comportamento satisfatório que não afeta a rolagem, os quais não necessitam de qualquer intervenção. O pavimento está contaminado com borracha, especialmente na envolvente da zona de toque da Pista 05 onde esta situação é mais preocupante.



Figura E102 – Amostra da 5, Zona C da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira



Figura E103 – Amostra 6, Zona C da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira



Figura E104 – Amostra 7, Zona C da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira



Figura E105 – Amostra 8, Zona C da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

Apenas seria necessário avaliar uma amostra, contudo foram avaliadas duas. As duas amostras avaliadas na zona D permitiram a observação de duas lajes em betão de cimento em perfeitas condições, sem quaisquer patologias, conforme observável na Figura E106 e na Figura E107.



Figura E106 – Amostra 9, Zona D da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira



Figura E107 – Amostra 10, Zona D da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

4) Cálculo do PCI

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Tabela E2:

Tabela E2 - PCIs da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira

Zona	Tipo de Pavimento	Área Total [m ²]	N.º de UA - N -	Nº UA inspecionadas -n-	PCI	
					Valor	Classificação
A	Rígido	6.750	6	2	90%	Excelente
B	Flexível	33.750	6,75	2	45%	Pobre
C	Flexível	80.145	16,03	4	41%	Pobre
D	Rígido	4.500	4	1	95%	Excelente

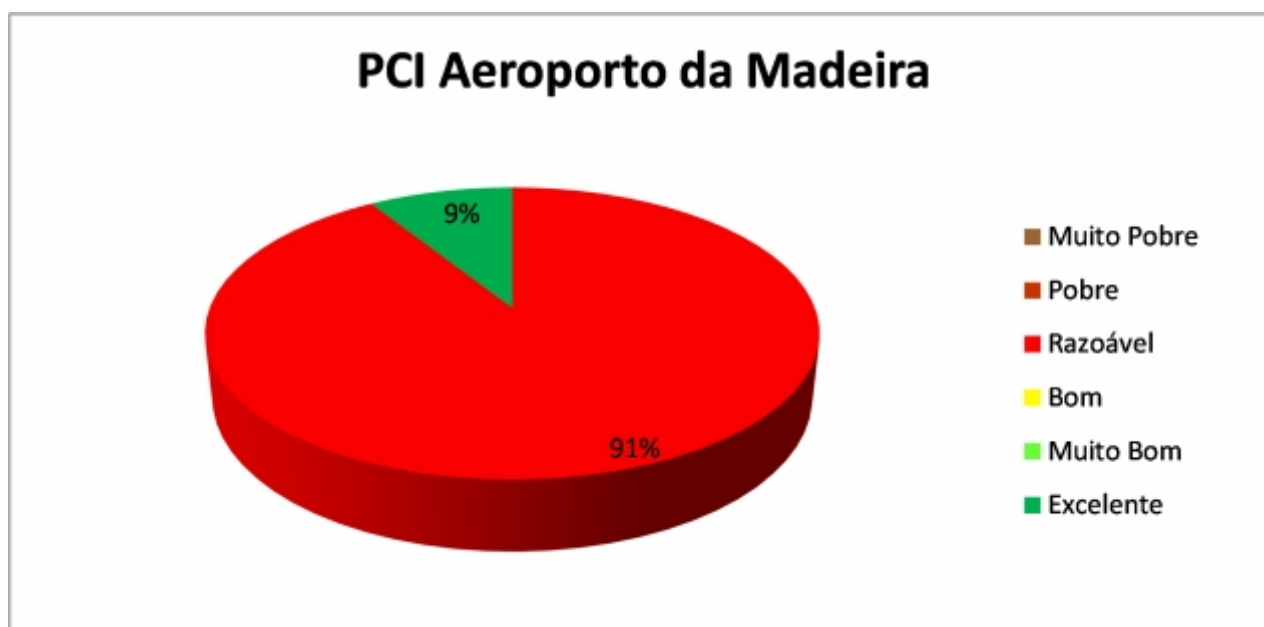


Figura E108 – PCIs da Pista 05/23 da Madeira

E 5.2 Atrito

Quando analisados os valores médios por terço, constantes do relatório da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada pelo Laboratório do GEAFAP ao Aeroporto da Madeira, na sequência de uma campanha de remoção de borracha em junho de 2011, constata-se que os mesmos se situam no patamar azul, com classificação de Muito Bom. Esta campanha apenas realizou ensaios a uma velocidade, 65km/h.



Figura E109 – Médias por terço da Pista 05/23, do Aeroporto da Madeira, Jul. 2011

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/7,5/10,5/18,5m do eixo), tem-se que os valores de todos os terços se situam no patamar verde, correspondente a um atrito Bom. Isto não obstante os valores verdes que se observam no gráfico de cores sejam muito poucos quando comparados com a grande maioria que são azuis. Se considerados apenas os alinhamentos centrais, tem-se que os valores dos terços das extremidades se encontram no patamar verde, atrito Bom e o do terço intermédio tem um atrito Muito Bom, patamar azul.

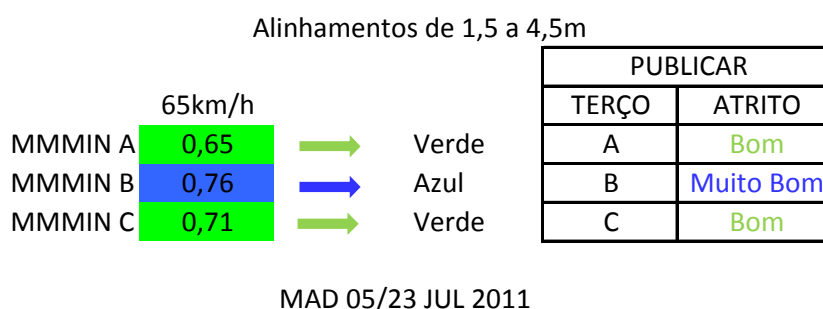
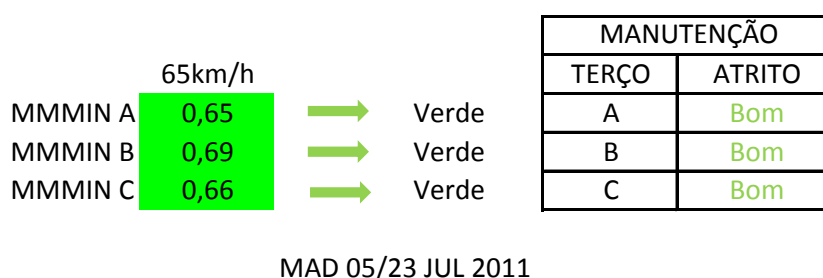


Figura E110 – Médias Móveis por terço da Pista 05/23, Aeroporto da Madeira, Jul. 2011

Os valores obtidos que conduziram à publicação de um atrito Bom para os 1.º e 3.º terços da pista e de um atrito Muito Bom para o 2.º terço da pista da Madeira, não perspetivam a presença de quaisquer problemas relacionados com o parâmetro do atrito, considerando-se

portanto aceitável a ausência de ensaios a 95km/h. Contudo, considera-se conveniente que na seguinte campanha de ensaios os mesmos visem a realização de corridas também a 95km/h.

65km/h

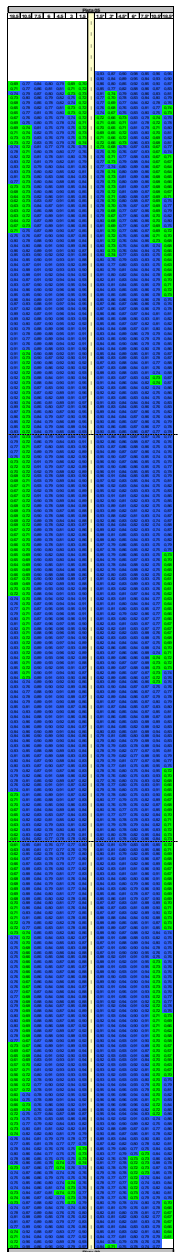


Figura E111 - Médias Móveis da Pista 05/23, do Aeroporto da Madeira, Jul. 2011

Tal campanha, realizada pela DIA/ANA, ocorreu em abril de 2012 e contemplou efetivamente a realização de ensaios às duas velocidades, 65 e 95km/h. Da mesma observa-se que em termos de médias aponta para o mesmo patamar azul, a ambas as velocidades e em todos os terços, correspondendo a um atrito Muito Bom.



Figura E112 – Médias por terço da Pista 05/23, do Aeroporto da Madeira, Abr. 2012

Em termos de Médias Móveis e note-se que nesta campanha também foi incluído o eixo, nos alinhamentos avaliados, quando considerados todos os alinhamentos a ambas as velocidades, todos os terços recaem no patamar verde, atrito Bom, isto não obstante a observação dos gráficos de cor apontar para uma grande maioria de valores azuis. Quando considerados apenas os alinhamentos centrais, com exceção do eixo da pista, tem-se a 65km/h o 1.º terço no patamar verde e os 2.º e 3.º no patamar azul e a 95 km/h os 1.º e 2.º terços no patamar verde e o 3.º no azul, pelo que, para efeitos de publicação se deva divulgar que a pista da Madeira tem um atrito Bom nos 1.º e 2.º terços e um atrito Muito Bom no 3.º terço.

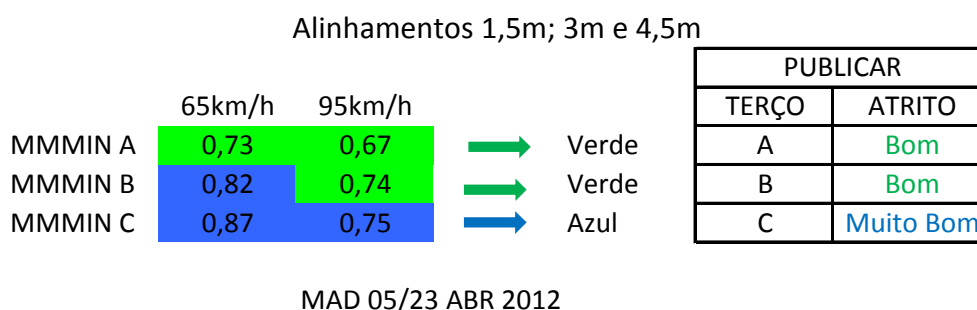


Figura E113 – Médias Móveis por terço da Pista 05/23, Aeroporto da Madeira, Abr. 2012

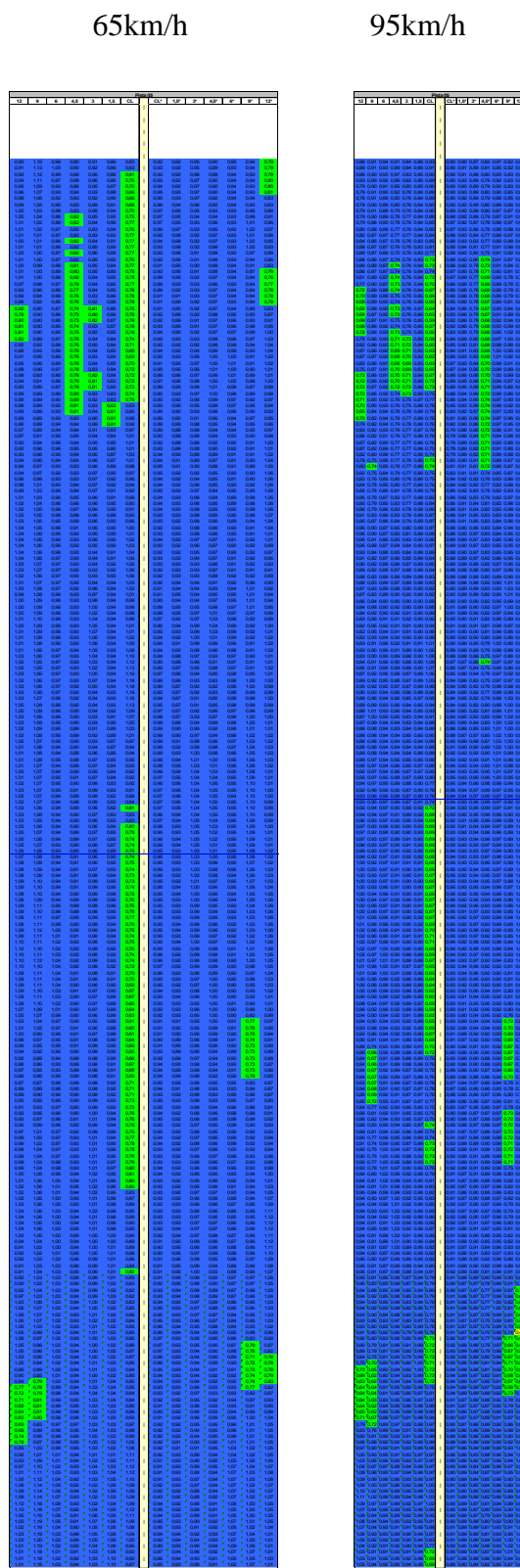


Figura E114 - Médias Móveis da Pista 05/23, do Aeroporto da Madeira, Abr. 2012

A não ser a realização de nova campanha de ensaios cuja data deverá ser determinada em função do número de movimentos esperados ou após decorrido determinado tempo, nada mais será necessário fazer relativamente ao parâmetro do atrito.

E 5.3 Textura

Não foram realizadas quaisquer campanhas de avaliação deste parâmetro pelo que se desconhecem as características da pista relativamente ao mesmo, contudo, tal não é preocupante atendendo às boas características de atrito da pista.

E 5.4 Irregularidade

Não foram realizadas quaisquer campanhas de avaliação deste parâmetro pelo que se desconhecem as características da pista relativamente ao mesmo. Assim, não se pode afirmar que se cumpram as determinações do Anexo 14 relativamente à irregularidade. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado. O Aeroporto da Madeira já apresentou ao regulador um projeto de reforço da pista, após a conclusão da obra deverá ser avaliado o parâmetro da irregularidade.

E 5.5 Contaminação

A Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira não tem problemas de contaminação.

E 5.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 05/23 do Aeroporto da Madeira é Bom no 1.º e no 2.º terços e Muito Bom no 3.º terço. Assim, relativamente a este parâmetro nada mais é necessário, estes resultados também dispensam a avaliação da textura. Contudo, a irregularidade deve ser avaliada. Logo que concluídas as obras de recarga da pista previstas para o próximo ano, deverá ser conduzida uma campanha global que englobe a avaliação de todos os parâmetros: atrito, textura e irregularidade.

E 6. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DE PONTA DELGADA

E 6.1 Diagnóstico

E 6.1.1. Dados históricos do Aeroporto João Paulo II, em Ponta Delgada



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E115 - Vista em planta do Aeroporto João Paulo II, em Ponta Delgada

Segundo a versão preliminar do Relatório SGPA de 26/04/2012 ¹⁶⁶, a Pista 12/30 de Ponta Delgada foi construída em 1969, com cerca de 1.800 metros de comprimento. Nessa data foi inaugurado o então designado Aeroporto de Nordela, que posteriormente com a visita do Papa João Paulo II a Ponta Delgada no ano de 1991, se passou a denominar Aeroporto de João Paulo II. Posteriormente e a partir da soleira 30, a pista foi ampliada por duas vezes até ao atual comprimento de 2.517m, dos quais 2.283m entre soleiras.

As placas de inversão e bermas da Pista 12 e a extremidade da Pista 30 foram construídos no fim da década de 80. Entre 2010 e 2011 foram construídos os caminhos de circulação “D”; “E”; “W” e parte do “C”, bem como a placa de estacionamento “W”. Em 2011 a pista foi alvo de reforço,

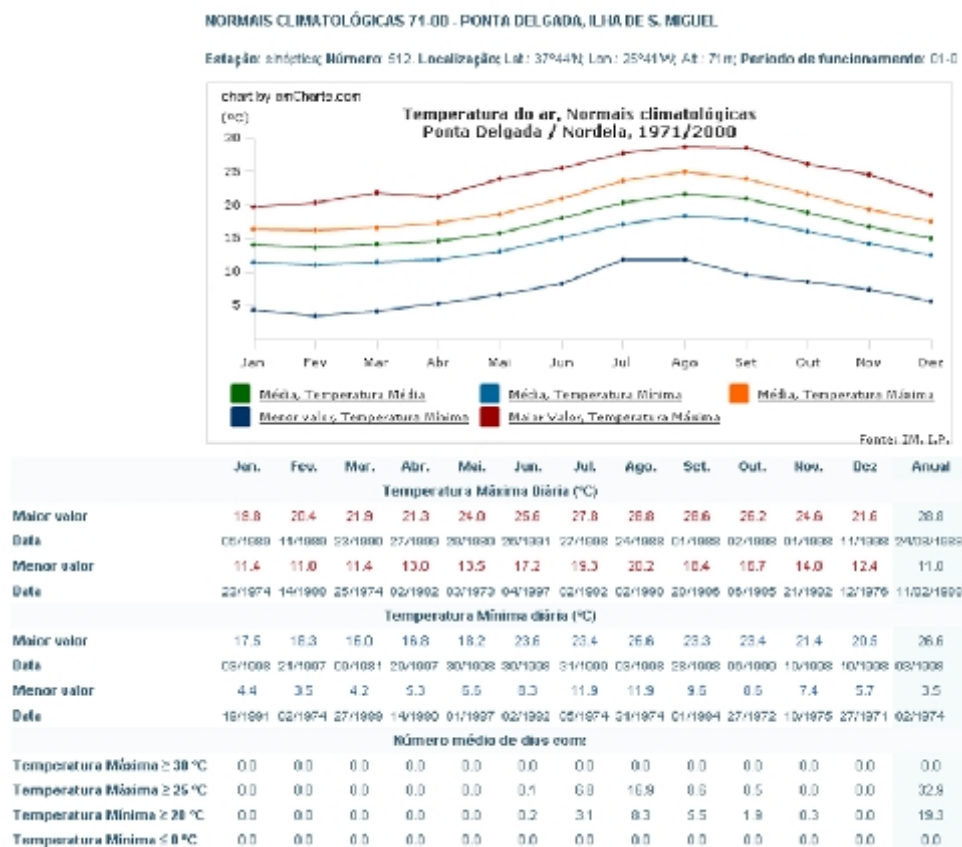
A construção e alterações do lado ar do Aeroporto João Paulo II (AJP II), em de Ponta Delgada ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E116.

¹⁶⁶ ANA, 2012, Relatório SGPA

Ano	Intervenções
1969	- Construção da pista, em betão betuminoso, com orientação Noroeste/Sudeste [120° - 300°] 12/30, com 1.800m de comprimento e inauguração do então designado Aeroporto de Nordela
Década de 70	- Ampliação da pista a partir da soleira 30 para 2.100m
Fim de anos 80	- Ampliação da pista para 2.517m, dos quais 2.283m entre soleiras. - Reforço da pista - Construção das placas de inversão e bermas da Pista 12 e a extremidade da Pista 30
2010/2011	- Construção dos caminhos de circulação “D”; “E”; “W”; parte do “C” - Construção da placa de estacionamento “W” - Reforço da pista

Figura E116 – Cronograma da vida do Aeroporto João Paulo II, em Ponta Delgada

E 6.1.2. Condições atmosféricas



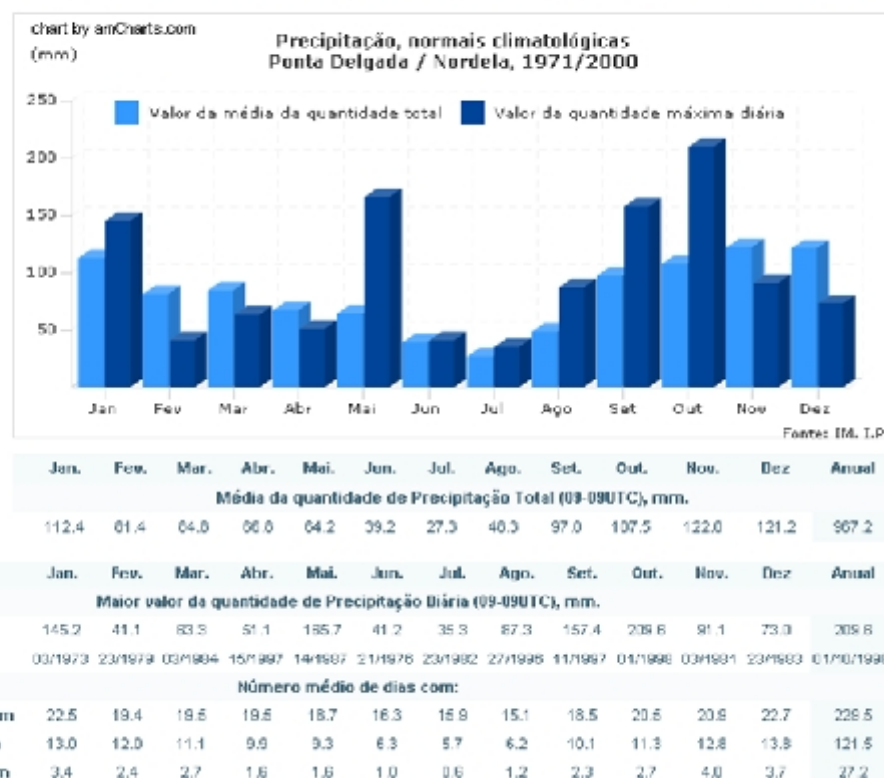
Fonte: www.meteopt.com; consultada a 12/06/2012

Figura E117 – Temperaturas de Ponta Delgada, entre 1971 e 2000

Ponta Delgada apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 3,5°C e um máximo de 28,8°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente agosto.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - PONTA DELGADA, ILHA DE S. MIGUEL

Estação: sinóptica; Número: 512; Localização; Lat.: 37°44'N; Lon.: 25°41'W; Alt.: 71m; Período de funcionamento: 01-0



Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E118 – Precipitação de Ponta Delgada, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 967,2mm, o maior valor de precipitação diária foi 209,6mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 122.

E 6.1.3. Tráfego na Pista 12/30

A pista de Ponta Delgada, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 13.000, que se traduz num número médio de 36 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 12/30 é da ordem dos 25/75. O maior número de aterragens acontece na Pista 30, com um máximo de 13 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo a cada 6 meses e, caso justificável, campanhas anuais de remoção de borracha.

E 6.1.4. Características geométricas da Pista 12/30

A pista do Aeroporto João Paulo II, em Ponta Delgada, designada 12/30, tem 2.517m de comprimento, dos quais 2.283m entre soleiras, 45m de largura, mais bermas de 15m.

E 6.1.5. Constituição do pavimento da Pista 12/30

A pista é constituída por um pavimento flexível em betão betuminoso, com camadas de diferentes espessuras as quais se podem dividir em três secções distintas:

- 0 – 1.700m:: 40cm BB + 60cm Sub-Base;
- 1.700m – 2.050m:: 55cm BB + 90cm Sub-Base;
- 2.050m – 2.500m:: 35cm BB + 70cm Sub-Base.

Estima-se que o material da sub-base seja estabilizado com cimento.

E 6.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeroporto João Paulo II, em Ponta Delgada foi realizada nos dias 18 e 19 de maio de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório preliminar datado de 26/04/2012 ¹⁶⁷.

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁶⁸ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 11m de largura, cada.

¹⁶⁷ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹⁶⁸ ASTM, D 5340-11, 2011

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E119:

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
AJP_SH_RWY_1230_1	Flexível	6901	15	3	61,40	Bom
AJP_SH_RWY_1230_2	Flexível	6606	15	3	76,74	Muito Bom
AJP_SH_RWY_1230_3	Flexível	9695	22	4	88,77	Excelente
AJP_SH_RWY_1230_4	Flexível	7085	15	3	84,97	Muito Bom
AJP_SH_RWY_1230_5	Flexível	7548	17	4	84,30	Muito Bom
AJP_SH_RWY_1230_6	Flexível	5703	12	3	74,20	Muito Bom
AJP_SH_RWY_1230_7	Flexível	8952	20	4	95,74	Excelente
AJP_SH_RWY_1230_8	Flexível	23068	52	6	61,07	Bom
AJP_SH_RWY_1230_9	Flexível	34633	76	8	62,02	Bom
AJP_SH_RWY_1230_10	Flexível	23697	52	6	62,88	Bom
AJP_SH_RWY_1230_11	Flexível	22665	50	5	80,26	Muito Bom

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E119 – Valores de PCI da Pista 12/30, do AJP II

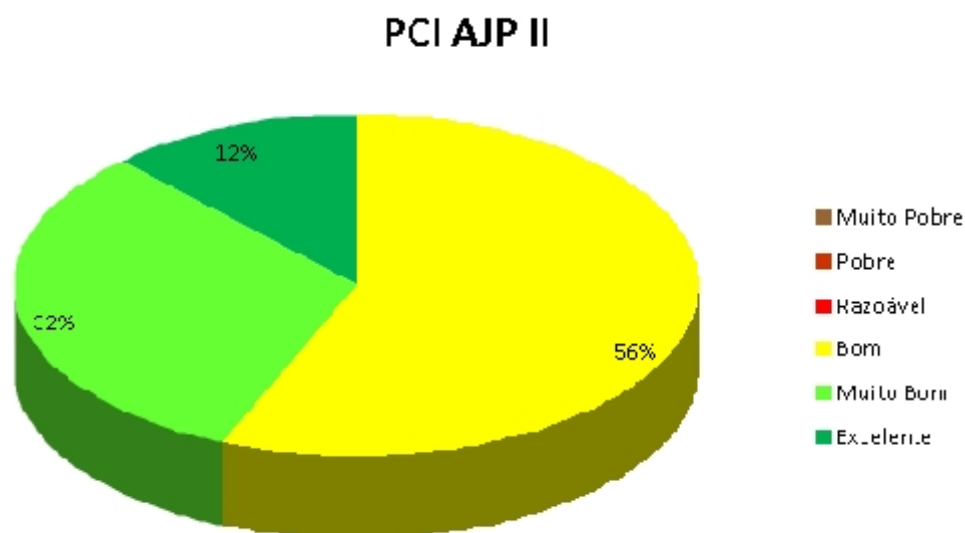


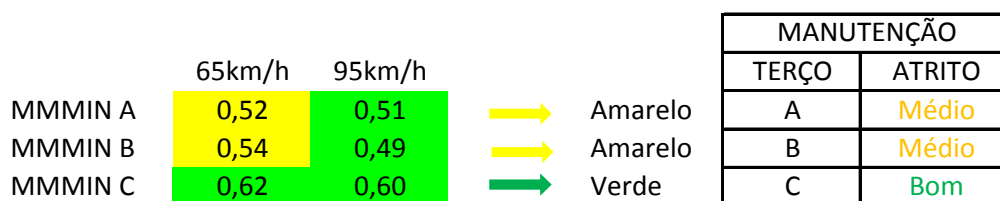
Figura E120 – PCIs da Pista 12/30, do AJP II

E 6.2 Atrito

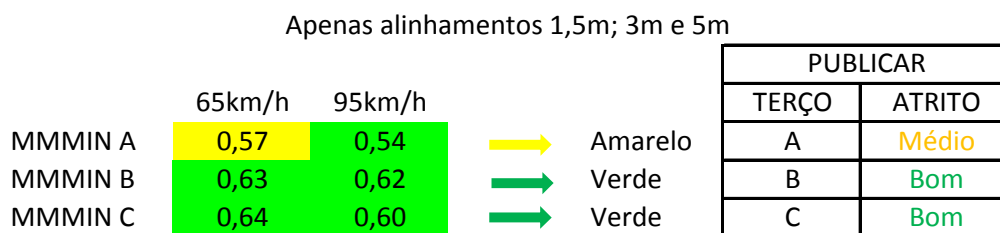
O relatório da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 12/30 do Aeroporto João Paulo II (AJPII), em Ponta Delgada, realizada pela DIA/ANA em maio de 2010, apresenta em termos de média, por terços da pista, valores de atrito Bons em todos os terços nos ensaios realizados a 65km/h e nos dois primeiros terços no ensaio realizado a 95km/h, no último terço a esta velocidade o valor da média é mesmo Muito Bom. Na comparação que este relatório faz com os valores de coeficiente de atrito obtidos a 65km/h na campanha de atrito anteriormente realizada, em setembro de 2009, conclui que os valores de atrito decresceram ligeiramente de um ano para o outro, muito embora se mantenham no patamar verde, correspondente a um atrito Bom.



Figura E121 – Médias por terço do AJP II, em Ponta Delgada, Mai. 2010



AJP II 12/30 MAI 2010



AJP II 12/30 MAI 2010

Figura E122 – Médias Móveis por terço do AJP II, em Ponta Delgada, Mai. 2010

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (eixo; 1,5/3/5m do eixo e 5 m da berma) tem-se que à velocidade de 65km/h os dois primeiros terços estão no patamar amarelo, atrito médio e o último terço está no patamar verde, atrito Bom. Se analisados os mesmos alinhamentos, mas à

velocidade de 95km/h, os valores das Médias Móveis por terço apontam para um coeficiente de atrito Bom, patamar verde, em todos os terços da pista.

Se apreciados apenas os alinhamentos centrais, excluindo o eixo da pista (1,5; 3 e 4,5m do eixo) a 95km/h a situação mantém-se, a 65km/h primeiro terço continua no patamar amarelo, assim como o último terço continuam no patamar verde, passando o terço intermédio do patamar amarelo para o verde, ou seja de um valor de atrito Médio para um valor de atrito Bom. Situação que reflete bem aquilo que se observa nos gráficos de cor das Médias Móveis. Os gráficos dos ensaios realizados a 65km/h, apenas apresentam amarelos ao longo do eixo nos dois primeiros terços e, muito pontualmente, a 1,5m do eixo no princípio do 1.º terço.

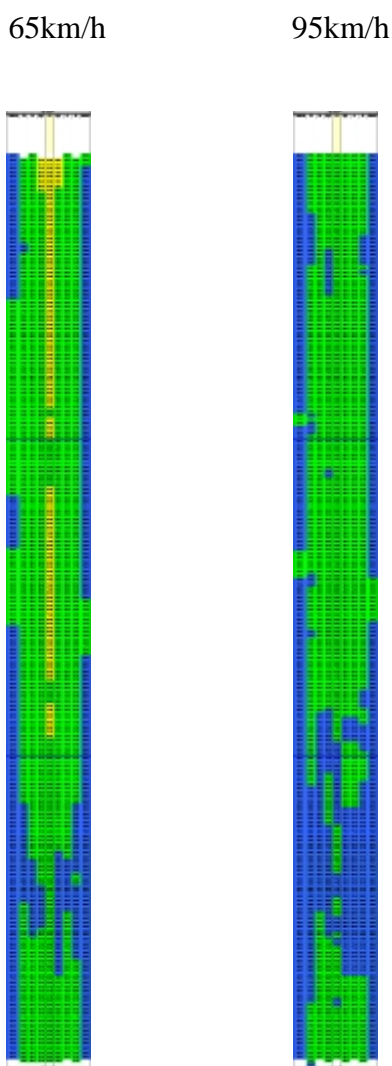


Figura E123 - Médias Móveis AJP II, em Ponta Delgada, Mai. 2010

Os valores das médias por terço, se considerados os ensaios realizados a ambas as velocidades, apontam para valores de atrito Bons. Os valores da Média Móvel, quando

considerados apenas os alinhamentos centrais, com exceção do eixo, apontam para um valor de atrito Médio no 1.º terço (ainda que o intervalo que dá origem a isto seja muito pequeno e ocorra nos primeiros 170m de pista avaliados), e a valores de atrito Bom nos outros dois terços.

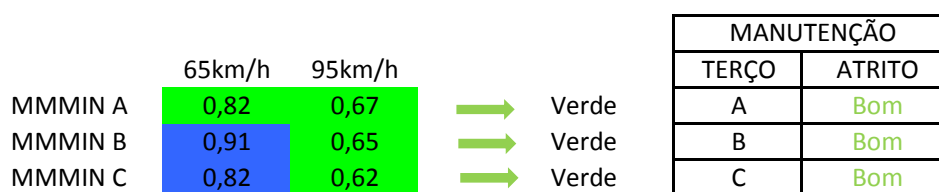
Assim, para efeitos de publicação o que se propõe é que seja publicado que a pista do AJPII tem um atrito Médio no 1.º terço e um atrito Bom nos restantes terços da pista. Para efeitos de manutenção deve ter-se em especial atenção a programação de uma campanha de limpeza do eixo da pista, e ao longo dos primeiros metros do primeiro terço limpar também uma faixa com 3m de largura centrada com o eixo, não se entrevedo a necessidade da adoção de quaisquer outras medidas relativamente a este parâmetro.

A pista do AJPII, foi repavimentada em 2011.

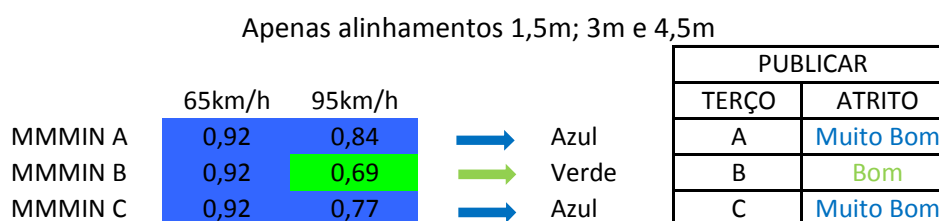
Em janeiro de 2012 foi realizada nova campanha de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo, a qual apontou para valores de atrito médio por terço de pista Muito Bons, a ambas as velocidades ensaiadas.

Médias por terço				PUBLICAR	
	65km/h	95km/h		TERÇO	ATRITO
Média A	1,01	0,94	→ Azul	A	Muito Bom
Média B	1,02	0,96	→ Azul	B	Muito Bom
Média C	1,04	0,98	→ Azul	C	Muito Bom

Figura E124 – Médias por terço do AJPII, em Ponta Delgada, Jan. 2012



AJP II 12/30 JAN 2012



AJP II 12/30 JAN 2012

Figura E125 – Médias Móveis por terço do AJPII, em Ponta Delgada, Jan. 2012

Relativamente às Médias Móveis, muito embora a cor mais observada nos gráficos de cor seja o azul, que aponta para um atrito Muito Bom, a presença de alguns valores verdes, especialmente nos ensaios realizados à velocidade mais elevada, conduz a que quando contemplados todos os alinhamentos avaliados, incluindo o eixo da pista, o valor aponte para um atrito Bom em todos os terços. Caso se considerem apenas os alinhamentos centrais, com exclusão do eixo, com a exceção do terço central a 95km/h que está no patamar verde, todos os outros estão no patamar azul, ou seja correspondente a um atrito Muito Bom.

O que traduz que o atrito melhorou muito significativamente, quer em termos de médias por terço quer em termos de Médias Móveis. Esta melhoria reflete-se nos patamares que no caso das médias passam de verde a azul e no caso das Médias Móveis de amarelo a azul, no primeiro terço e de verde a azul no 3.º terço.

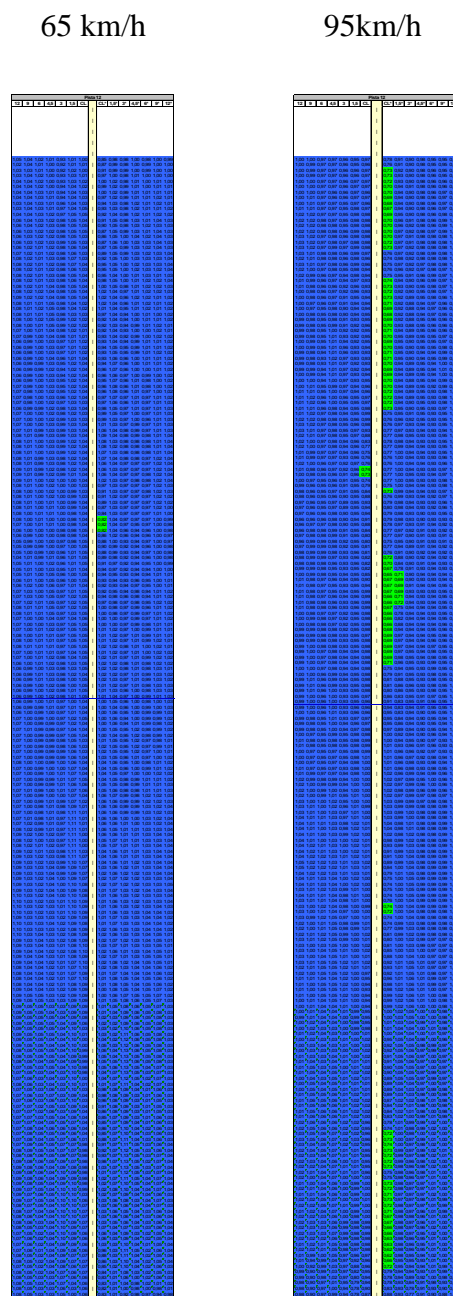


Figura E126 - Médias Móveis do AJPII, em Ponta Delgada, Jan. 2012

Assim, sugere-se que se publique que o valor do atrito da pista do AJPII é Muito Bom nos 1.º e 3.º terços e Bom no 2.º terço, sem necessidade da condução de qualquer outra tarefa relativamente a este parâmetro, que não a programação de nova campanha de avaliação de atrito em contínuo, em função do número de movimentos esperados ou do tempo, conforme mais condicionante.

E 6.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁶⁹, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Os resultados da Profundidade de Textura Estimada, apresentados foram obtidos através da conversão da Profundidade Média do Perfil (MPD) obtida diretamente das leituras do Perfilómetro cuja medição foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios. Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁷⁰ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁷¹.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.29})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha amarela a medição do rodado direito, a linha verde representa à referência ótima proposta pela ICAO, igual a 1,0mm.

¹⁶⁹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

¹⁷⁰ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁷¹ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

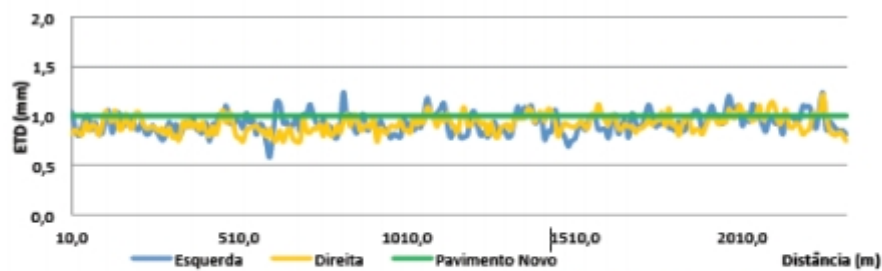


Figura 24 - Valor de ETD no Perfil 0m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

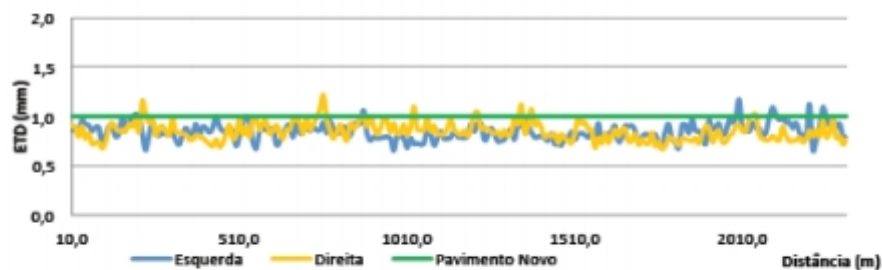


Figura 25 - Valor de ETD no Perfil +4m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

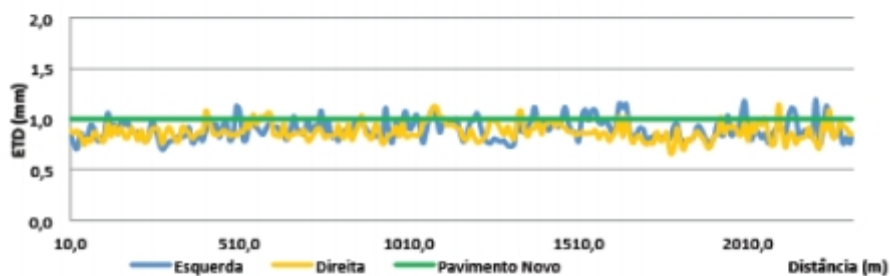


Figura 26 - Valor de ETD no Perfil +10m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

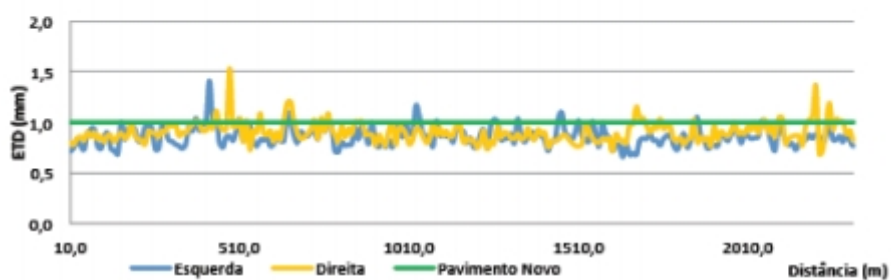


Figura 27 - Valor de ETD no Perfil +20m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

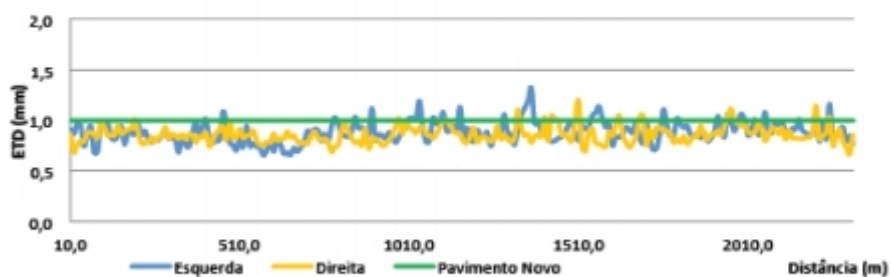


Figura 28 - Valor de ETD no Perfil -4m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

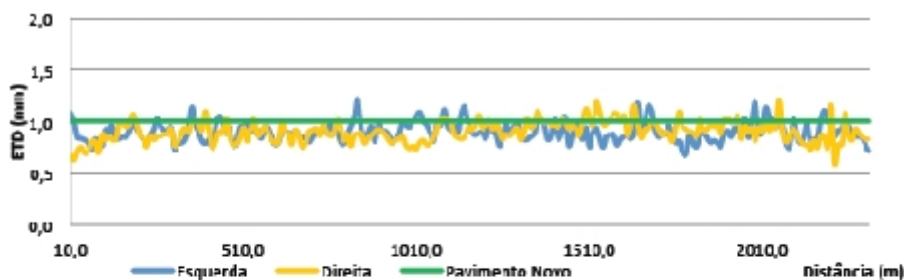


Figura 29 - Valor de ETD no Perfil -10m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

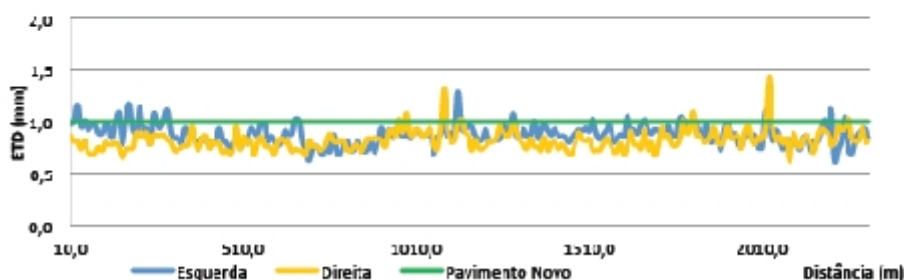


Figura 30 - Valor de ETD no Perfil -20m - Comparação com referência ICAO (1,00 mm)

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E127 - Valores de textura ETD dos vários alinhamentos da Pista 10/28 do AJP II

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, e que o valor médio resultante de todos os alinhamentos avaliados é igual a 0,90, muito próximo, portanto do valor de referência recomendado pela ICAO:

E 6.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁷², ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

¹⁷² ECS, EN 13036-5, 2006

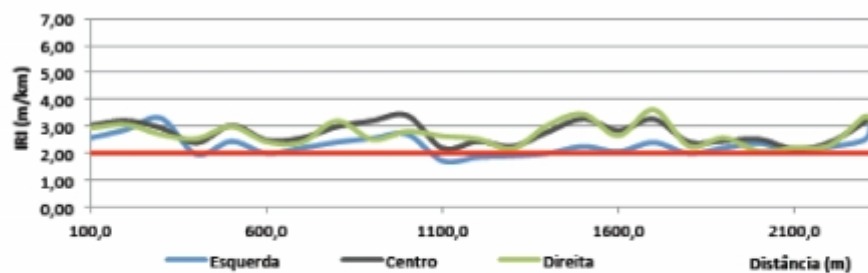


Figura 10 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento 0m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

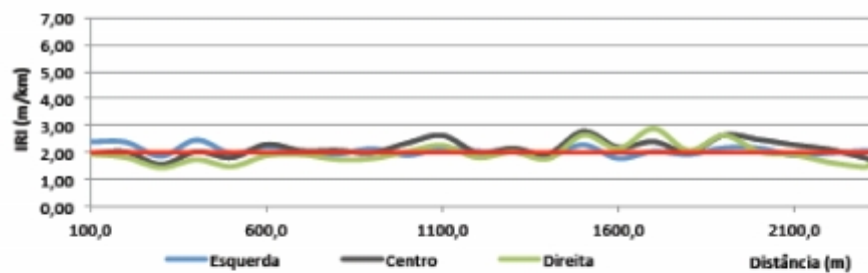


Figura 11 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento +4m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

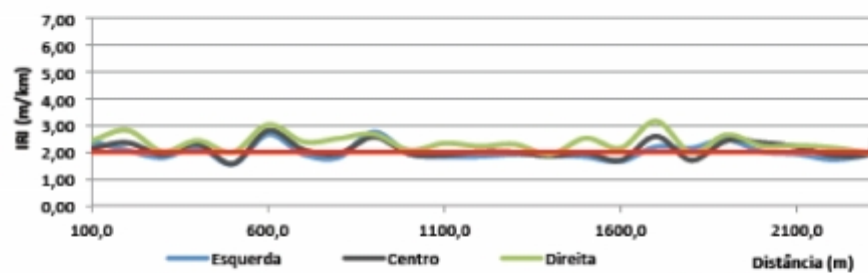


Figura 12 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento +10m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

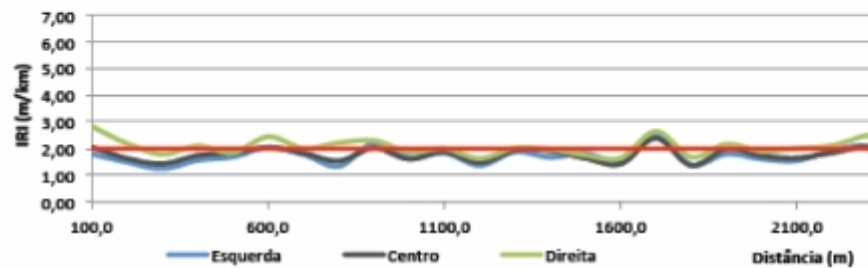


Figura 13 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento +20m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

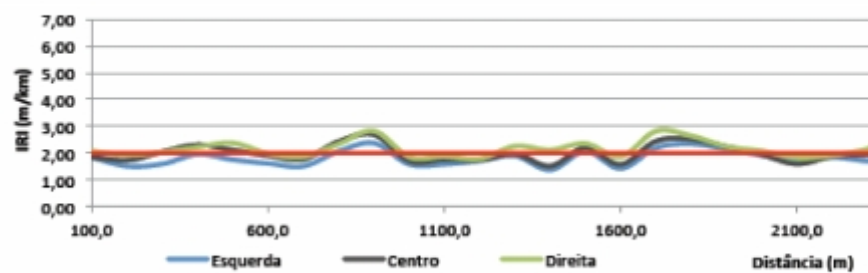


Figura 14 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento -4m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

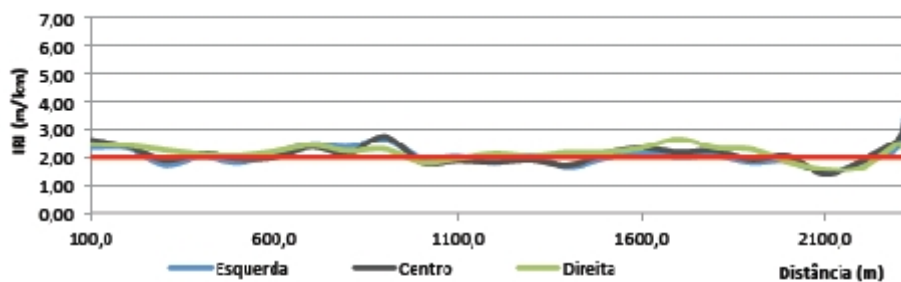


Figura 15 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento -10m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

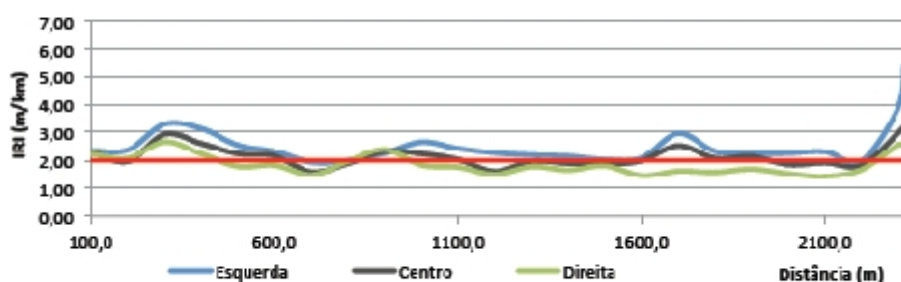


Figura 16 - IRI - Pista 12-30 - Alinhamento -20m - Comparação com valor de referência (2m/Km)

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E128 - Valores de IRI dos alinhamentos da Pista 12/30 do AJP II

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,14m/km. Note-se que todos os valores, excetuando o do alinhamento 4m à direita do eixo e o do alinhamento 20m à esquerda do eixo, onde isso não acontece, estão acima do limite de 2m/km.

Ano	Zona	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
		Alinhamento em relação à Center Line (m)							
		-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
2012	Pista 12-30	2,21	2,14	1,98	2,61	2,05	2,16	1,85	2,14

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E129 - Valor do IRI da Pista 12/30 do AJP II

E 6.5 Contaminação

A Pista 12/30 do Aeroporto de Ponta Delgada, recentemente recarregada, não tem problemas de contaminação.

E 6.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 12/30 do Aeroporto de Ponta Delgada é Muito Bom no 1.º e no 3.º terços e Bom 2.º terço. Estes resultados são confirmados, quer pelos ensaios de textura que classificam a mesma com medianamente fechada a muito aberta, C a E; quer pelo valor de PCI da pista que apresenta resultados de 56% Bom e 32% Muito Bom.

Quanto à irregularidade, muito embora o parâmetro do IRI esteja para além do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo, em média igual a 2,14, com um máximo de 2,61, é ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 7. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DO PORTO

E 7.1 Diagnóstico

E 7.1.1. Dados históricos do Aeroporto Francisco Sá Carneiro



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E130 – Vista em planta do Aeroporto Francisco Sá Carneiro

De acordo com informação do Relatório SGPA de 26/04/2012 ¹⁷³ o Aeroporto Francisco Sá Carneiro (AFSC), também designado por Aeroporto do Porto, foi construído na década de 40, nessa altura foi construída a pista e o caminho de circulação “H”. Posteriormente e até à presente data o aeroporto foi objeto de várias obras de construção de caminhos de circulação e placas de estacionamento, assim como reconstruções e reabilitações conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E131.

¹⁷³ ANA, 2012, Relatório SGPA

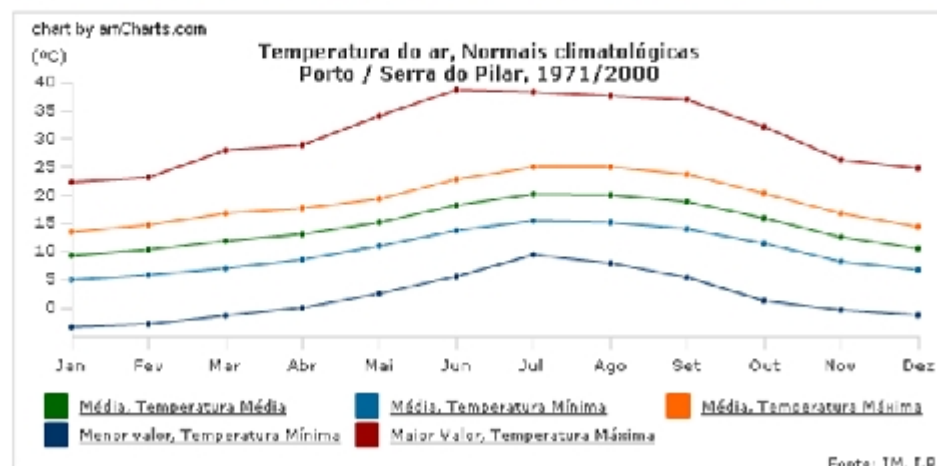
Ano	Intervenções
1940	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão betuminoso, com orientação noroeste/sudeste, 170°-350° [17-35] com 1.500m de comprimento - Construção de caminho de circulação “H”
1960	<ul style="list-style-type: none"> - Prolongamento da pista para 2.000m
1972	<ul style="list-style-type: none"> - Repavimentação e prolongamento da pista para 3480m - Construção dos caminhos de circulação “A”; “D” e “J”
1985	<ul style="list-style-type: none"> - Reforço/reabilitação do caminho de circulação “A” - Construção do caminho de circulação “B” - Construção da placa de estacionamento “S”
1991	<ul style="list-style-type: none"> - Demolição e reconstrução do caminho de circulação “H”
2003/2005	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstrução do caminho de circulação “H” - Reforço/reabilitação do caminho de circulação “D” - Reabilitação do caminho de circulação “B” e da placa de estacionamento “S” - Construção dos caminhos de circulação “C”; “F”; “W” caminho de acesso à placa “S” e placa “S” lado oeste.
2009	<ul style="list-style-type: none"> - Construção do caminho de circulação “Y” e da placa de estacionamento “T”

Figura E131 – Cronograma da vida do Aeroporto Francisco Sá Carneiro

E 7.1.2. Condições atmosféricas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71.00 - PORTO, SERRA DO PILAR

Estação: climatológica; Número: 546; Localização: Lat.: 41°00'N; Lon.: 08°35'W; Alt.: 93m; Período de funcionamento: C



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temperatura Máxima Diária (°C)													
Maior valor	22.3	23.2	28	28.9	34.1	38.7	38.3	37.6	36.9	32.2	26.3	24.8	38.7
Data	28/1080	16/1008	23/1007	30/1004	16/1002	14/1081	27/1081	02/1087	06/1088	14/1085	06/1081	02/1085	14/06/1081
Menor valor	4.4	5.2	6.4	8.9	11.8	13	16.7	18.6	18.6	12.4	9.8	7.1	4.4
Data	03/1971	04/1984	06/1971	23/1985	04/1978	12/1977	07/1977	30/1974	23/1972	27/1976	24/1985	31/1996	03/01/1971
Temperatura Mínima diária (°C)													
Maior valor	14.0	14.4	16.2	17.3	20.2	22.1	23.4	23.0	21.2	19.6	17.9	16.4	23.4
Data	13/1993	16/1995	11/1991	05/1997	25/1991	14/1991	08/1999	16/1995	03/1982	11/1997	09/1995	04/1995	08/07/1999
Menor valor	-3.3	-2.8	-1.3	0.1	2.6	5.8	9.5	8.0	5.5	1.4	-0.3	-1.2	-3.3
Data	15/1985	12/1993	04/1974	00/1975	01/1972	05/1984	12/1978	30/1974	29/1974	31/1974	27/1980	22/1990	15/01/1985
Número médio de dias com:													
Temperatura Máxima ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.5	4.6	3.5	2.3	0.4	0.0	0.0	13.9
Temperatura Máxima ≥ 25 °C	0.0	0.0	0.9	1.4	2.5	7.4	12.0	12.5	9.2	3.3	0.2	0.0	49.4
Temperatura Mínima ≥ 20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.6	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	2.2
Temperatura Mínima ≤ 0 °C	2.1	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	4.2

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E132 – Temperaturas do Porto, entre 1971 e 2000

O Porto apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -3,3°C e um máximo de 38,7°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - PORTO, SERRA DO PILAR

Estação: climatológica; Número: 546; Localização: Lat: 41°06'N; Lon: 08°36'W; Alt: 93m; Período de funcionamento: 0

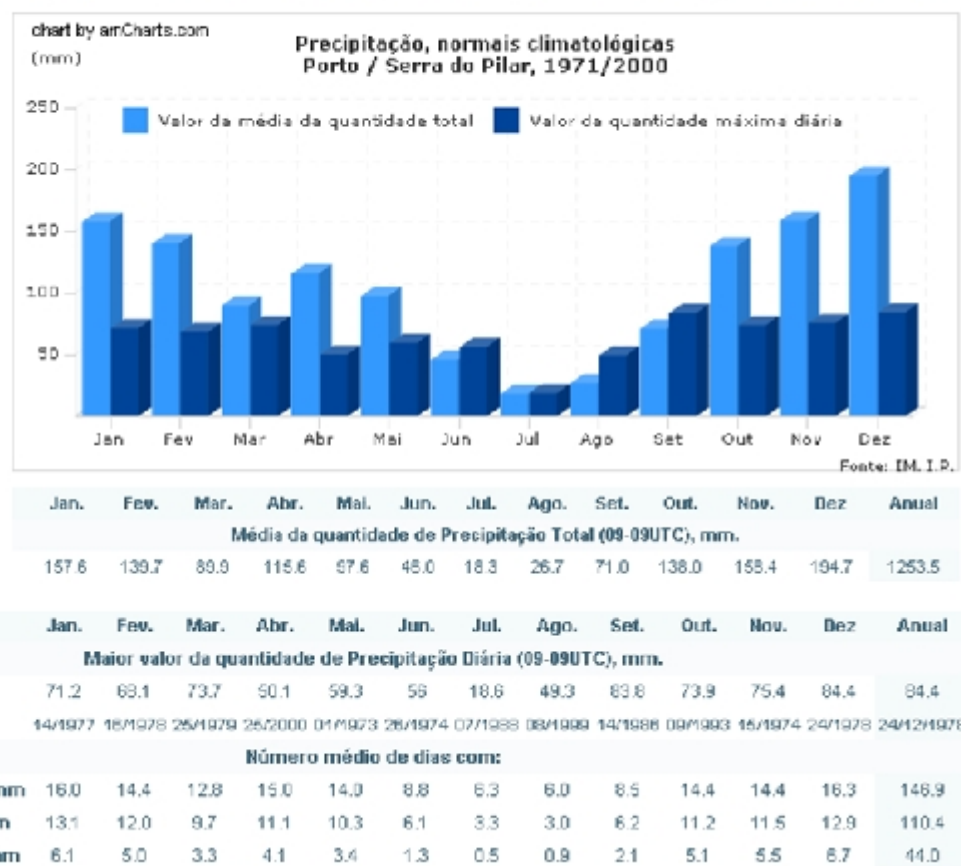
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E133 – Precipitação do Porto, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 1253,5mm, o maior valor de precipitação diária foi 84,4mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 110.

E 7.1.3. Tráfego na Pista 17/35

A pista 17/35 do Aeroporto Francisco Sá Carneiro no Porto tem um número de movimentos anual, da ordem dos 60.000, que se traduz num número médio de 164 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 17/35 é da ordem dos 30/70. O maior número de aterragens acontece na Pista 35, em média com 58 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo a cada 3 meses e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 6 meses.

E 7.1.4. Características geométricas da Pista 17/35

A pista do Aeroporto Francisco Sá Carneiro no Porto, designada 17/35, tem 3.480m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 15m. Dos quais constam uma deslocação da soleira 17 de 300m e uma deslocação da soleira 35 de 150m, sendo portanto o comprimento entre soleiras igual a 3.030m.

E 7.1.5. Constituição do pavimento da Pista 17/35

Os primeiros 300m da pista, contados a partir da soleira 17, são constituídos por um pavimento rígido em lajes de 5mx5m de betão de cimento.

Dos 300m aos 2.780m o pavimento é flexível, em betão betuminoso com aproximadamente 60cm de espessura.

Os últimos 700m da pista, são constituídos por um pavimento rígido em lajes de 5mx5m de betão de cimento.

Toda a pista está coberta por uma camada de desgaste com cerca de 5cm de espessura, em betão betuminoso.

E 7.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeroporto Francisco Sá Carneiro foi realizada entre 11 e 15 de abril e 9 e 11 de maio de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório em de 26/04/2012 ¹⁷⁴.

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁷⁵ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas.

¹⁷⁴ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹⁷⁵ ASTM, D 5340-11, 2011

Em secção corrente em:

- Bermas
- Faixa central com 23m de largura
- Faixas laterais com 11m de largura, cada

E nos cruzamentos em:

- Bermas
- Faixa com 45m de largura

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E134:

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
ASC_SH_RWY_1735_1	Flexível	8803	19	1	85,15	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_2	Flexível	2752	6	2	95,48	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_3	Flexível	31500	70	7	92,98	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_4	Flexível	5520	12	3	81,58	Bom
ASC_SH_RWY_1735_5	Flexível	6900	15	3	82,45	Bom
ASC_SH_RWY_1735_6	Flexível	12600	28	4	80,60	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_7	Flexível	7659	17	4	92,85	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_8	Flexível	9200	20	1	100	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_9	Flexível	3150	8	2	85	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_10	Flexível	7325	16	4	99,68	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_11	Flexível	8800	20	1	99,72	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_12	Flexível	17160	38	4	99,38	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_13	Flexível	4950	12	3	84,8	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_14	Flexível	6210	11	3	71,83	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_15	Flexível	5280	12	3	98,03	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_16	Flexível	6600	14	3	97,77	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_17	Flexível	5940	12	3	99	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_18	Flexível	3628	8	2	100	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_19	Flexível	5977	13	3	97,85	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_20	Flexível	12454	27	4	95,20	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_21	Flexível	5851	13	3	83,15	Muito Bom
ASC_SH_RWY_1735_22	Flexível	4315	10	2	99,43	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_23	Flexível	4652	11	3	95,11	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_24	Flexível	7377	16	4	96,96	Excelente
ASC_SH_RWY_1735_25	Flexível	17910	40	1	72,07	Muito Bom

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E134 – Valores de PCI da Pista 17/35, AFSC

PCI do Aeroporto do Porto

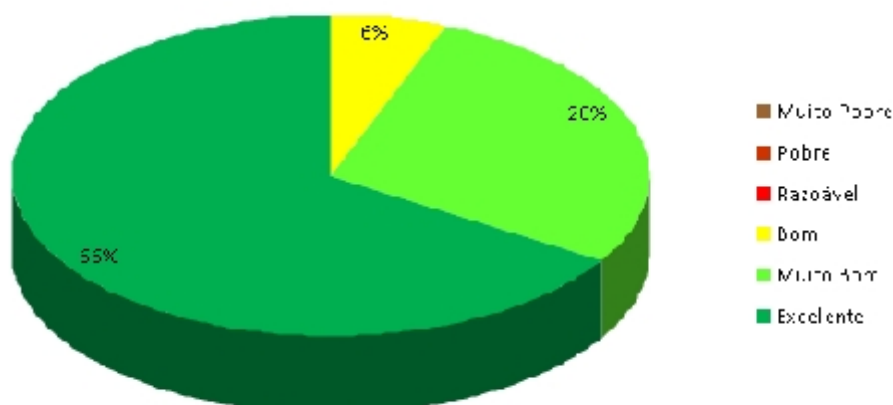


Figura E135 – PCIs da Pista 17/35, do AFSC

E 7.2 Atrito

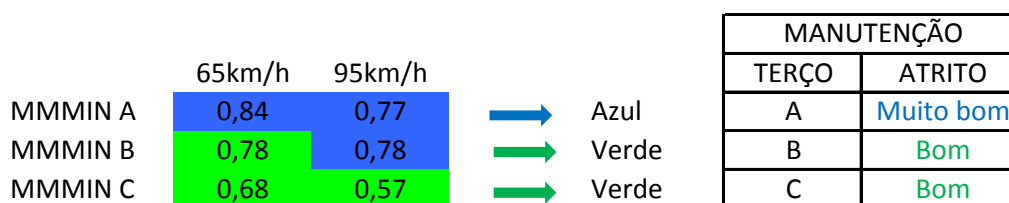
Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 17/35 do Aeroporto Francisco Sá Carneiro, realizada pela DIA/ANA em março de 2010, observa-se que os resultados das médias por terço quer das avaliações efetuadas a 65km/h, quer das avaliações efetuadas a 95km/h apontam para valores de coeficiente de atrito Muito Bom, todos no patamar azul.

Médias por terço				
	65km/h	95km/h		
Média A	0,92	0,88	→	Azul
Média B	0,92	0,89	→	Azul
Média C	0,91	0,87	→	Azul

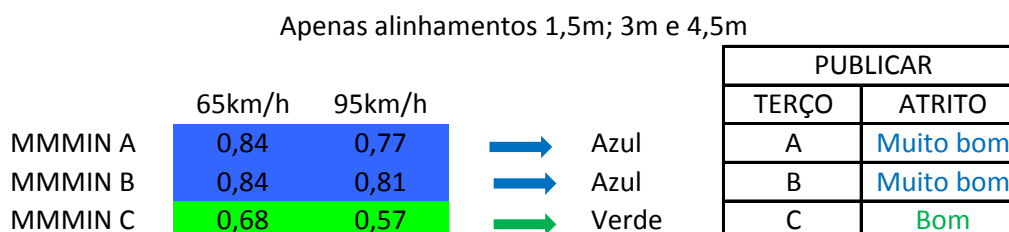
PUBLICAR	
TERÇO	ATRITO
A	Muito Bom
B	Muito Bom
C	Muito Bom

Figura E136 – Médias por terço da Pista 17/35, do AFSC, Mar. 2010

Esse relatório salienta a “perseverança” dos resultados do atrito quando comparados com os resultados da anterior campanha que tinha ocorrido em agosto de 2009 (7 meses antes) e faz referência à existência, do lado direito da pista, de trechos com valores inferiores aos limites de manutenção, os quais têm extensões inferiores a 100m, pelo que admite dispensar a necessidade de proceder a ações corretivas.



ASC 17/35 MAR 2010



ASC 17/35 MAR 2010

Figura E137 – Médias Móveis por terço da Pista 17/35 do AFSC, Mar. 2010

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/9/12m do eixo), tem-se no 1.º terço o mínimo no patamar azul, atrito Muito Bom, a 65 e a 95km/h, o terço central no patamar verde, atrito Bom a 65km/h e no patamar azul a 95km/h, e o 3.º terço no patamar verde a ambas as velocidades. Observando os gráficos de cor das Médias Móveis, quer a 65km/h, mas principalmente a 95km/h, tem-se que a grande maioria dos valores estão no patamar azul, registrando-se a presença, de alguns, ainda que poucos, valores no patamar verde. Se contemplados apenas os valores dos alinhamentos centrais (1,5; 3 e 4,5m do eixo) tem-se que os dois primeiros terços estão no patamar azul e o 3.º terço está no patamar verde, para ambas as velocidades, apontando, na generalidade, para valores de atrito de uma pista nova.

Os valores médios do atrito apontam para a classificação de um atrito Muito Bom, o que não é muito diferente do obtido com a classificação obtida com as Médias Móveis, apenas diferindo no 3.º terço da pista, que neste último caso se classifica apenas como Bom. Neste caso a classificação, para efeitos de publicação seria de atrito Muito Bom nos dois primeiros terços e atrito Bom no 3.º terço.

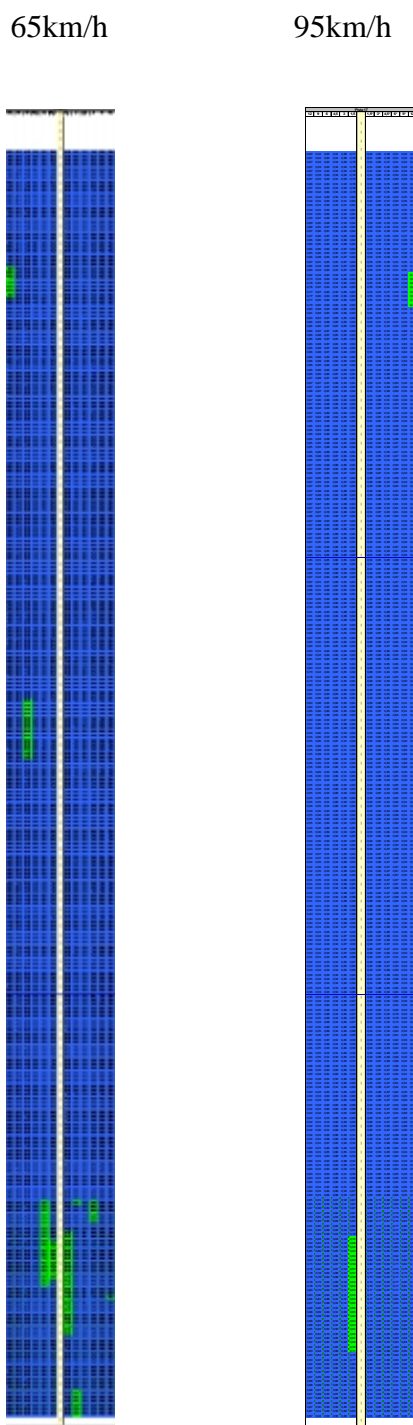


Figura E138 - Médias Móveis da Pista 17/35, do AFSC, Mar. 2010

Os valores são de tal forma bons que não há necessidade de qualquer ação, para além da condução de nova campanha de avaliação necessária em função do número de movimentos de aeronaves ou de determinação em sede de planeamento temporal, que foi o que deu origem à subsequente campanha, que ocorreu em dezembro de 2011.



Figura E139 – Médias por terço da Pista 17/35, do AFSC, Dez. 2011

Na campanha de dezembro de 2011, as médias por terço continuaram, a ambas as velocidades, no patamar azul, para todos os terços. Contudo, face à aplicação das diretrizes do presente trabalho de investigação, foi também avaliado o eixo da pista.

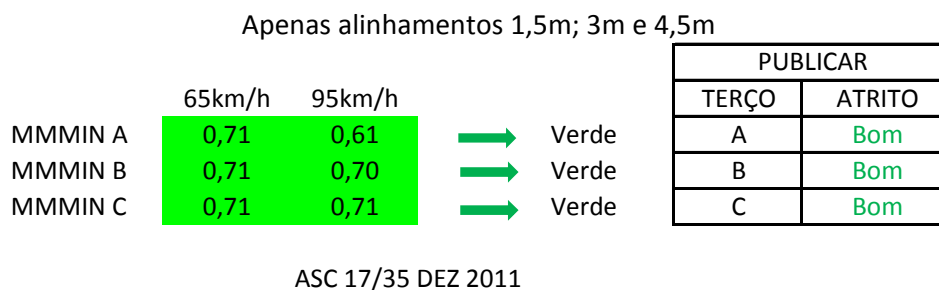
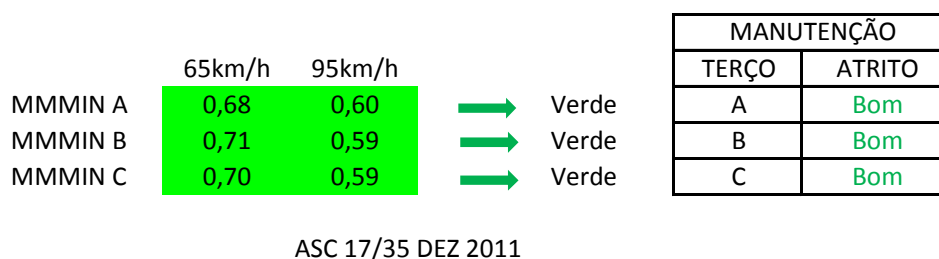


Figura E140 – Médias Móveis por terço da Pista 17/35, do AFSC, Dez. 2011

Quando observados os gráficos de Médias Móveis, a ambas as velocidades, muito embora se observem muitos valores no patamar azul, há também muitos valores no patamar verde, pelo que resulta, que os valores, quer considerados todos os alinhamentos, quer apenas os alinhamentos centrais, excetuando o eixo (1,5/3 e 4,5m do eixo) apontam para a classificação de um atrito Bom (patamar verde). O que significa, que quando comparados com os valores da anterior campanha, os valores decresceram, originando a necessidade de alteração da publicação de novas classificações relativamente a este parâmetro, o qual deverá ser notificado como Bom em todos os terços, não consubstanciando, contudo, a necessidade da adoção de quaisquer outras medidas.

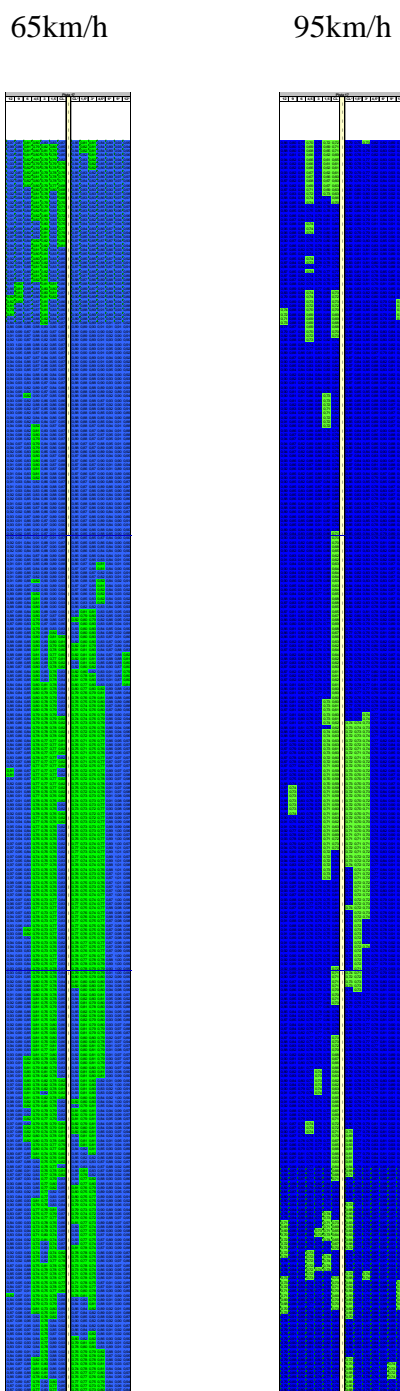


Figura E141 - Médias Móveis da Pista 17/35, do AFSC, Dez. 2011

A última campanha de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo ocorreu em março de 2012, aponta para valores ligeiramente superiores, aos da anterior campanha de dezembro de 2011, o que não tem reflexo na classificação do parâmetro, pelo que se sugere que em sede de informação aeronáutica o mesmo continue a constar como Bom em todos os terços.

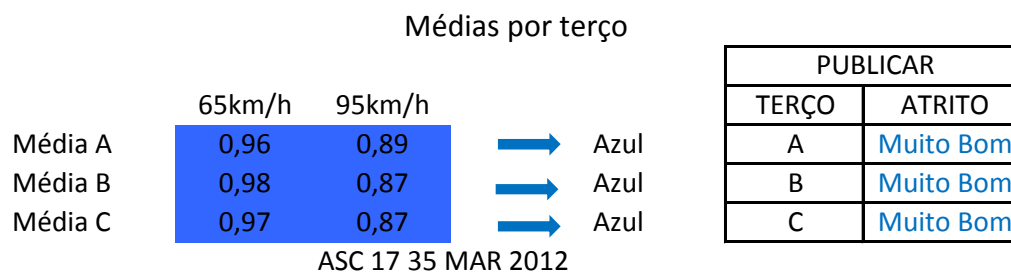


Figura E142 – Médias por terço da Pista 17/35, do AFSC, Mar. 2012

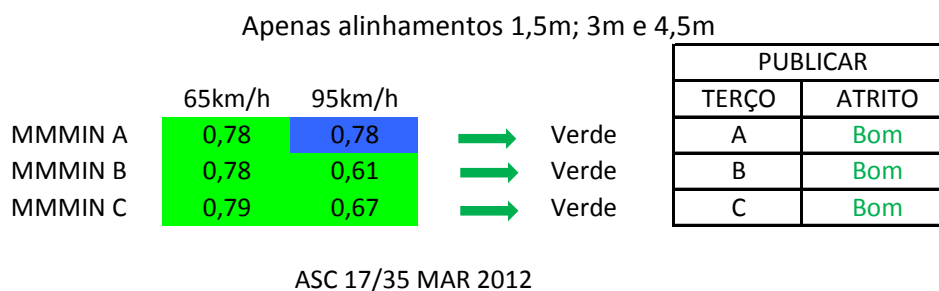
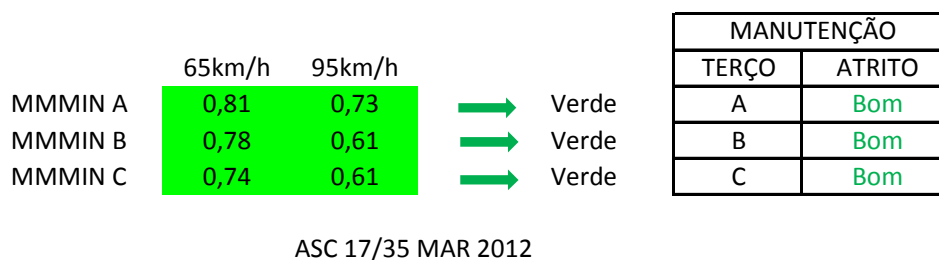


Figura E143 – Médias Móveis por terço da Pista 17/35, do AFSC, Mar. 2012

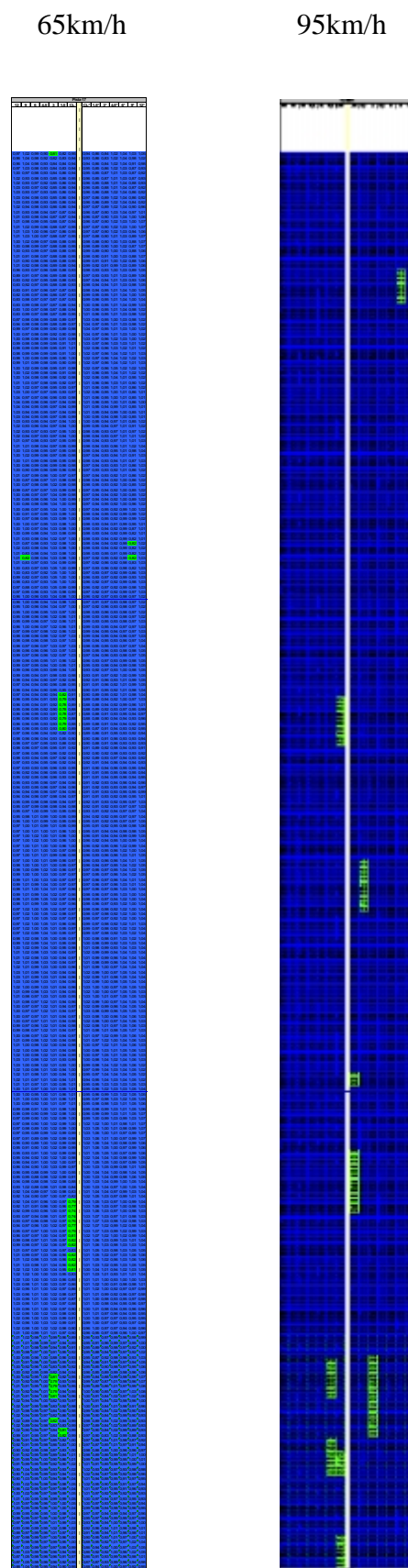


Figura E144 - Médias Móveis da Pista 17/35, do AFSC, Mar. 2012

E 7.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto.

A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

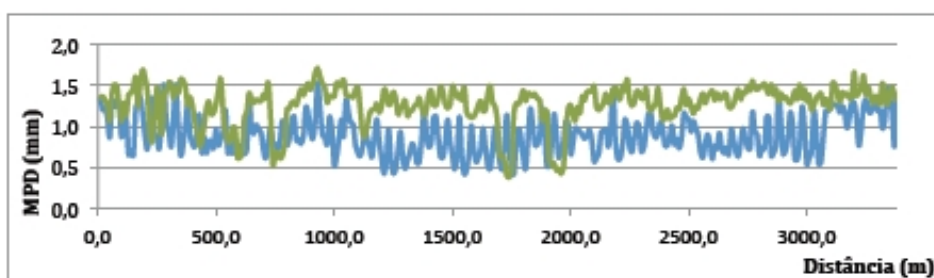


Figura 79 - Textura MPD - Alinhamento 0m

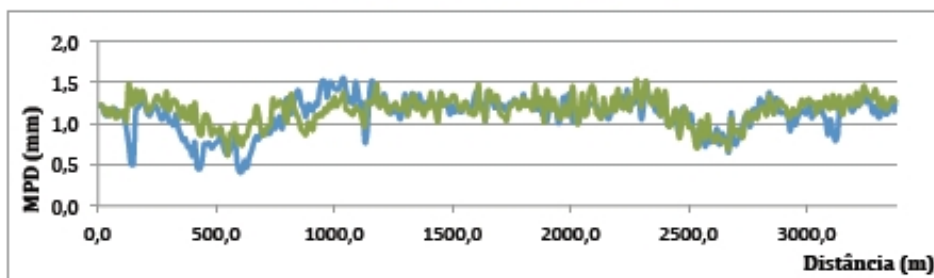


Figura 80 - Textura MPD - Alinhamento +4m

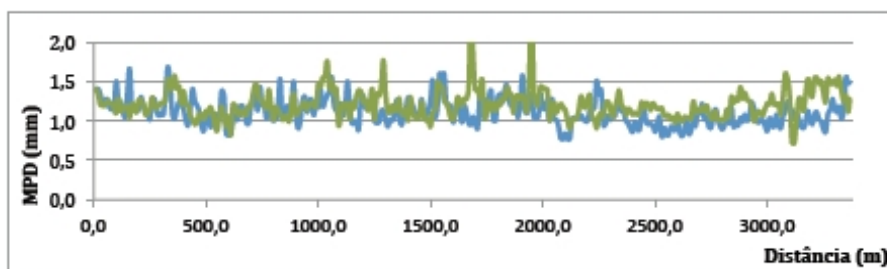


Figura 81 - Textura MPD - Alinhamento +10m

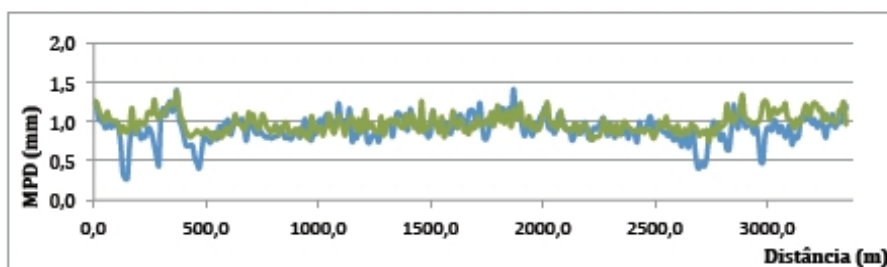


Figura 82 - Textura MPD - Alinhamento +20m

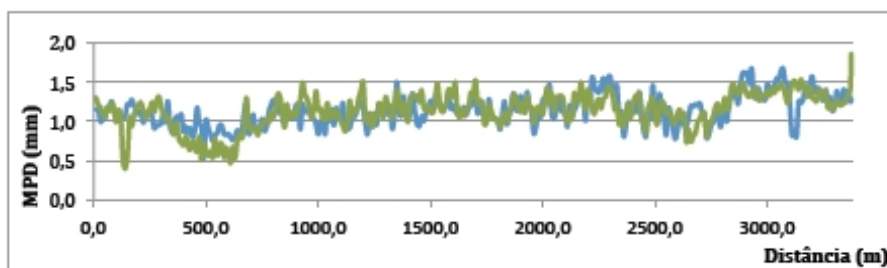


Figura 83 - Textura MPD - Alinhamento -4m

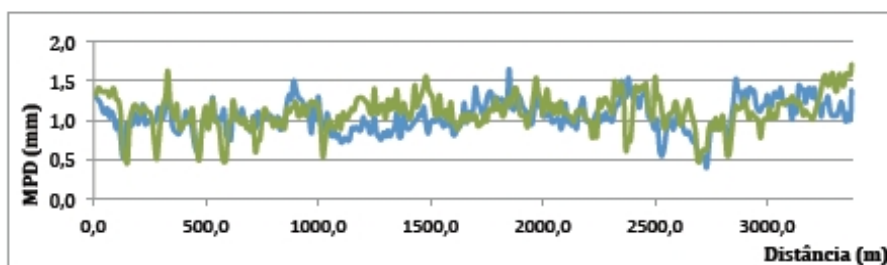


Figura 84 - Textura MPD - Alinhamento -10m

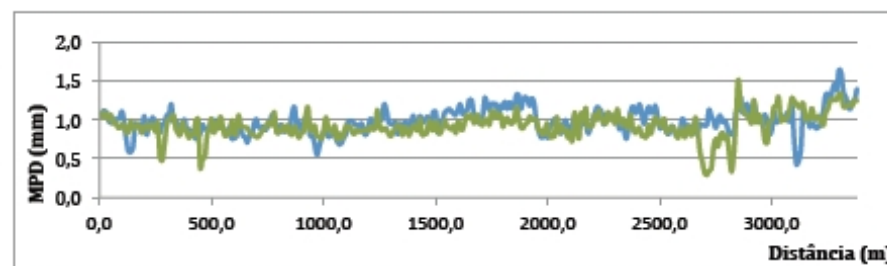


Figura 85 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA
 Figura E145 – Valores de textura MPD da Pista 17/35, do AFSC

Os valores da MPD situam-se entre os 0,25mm e os 2mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁷⁶ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁷⁷.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.30})$$

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

¹⁷⁶ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁷⁷ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

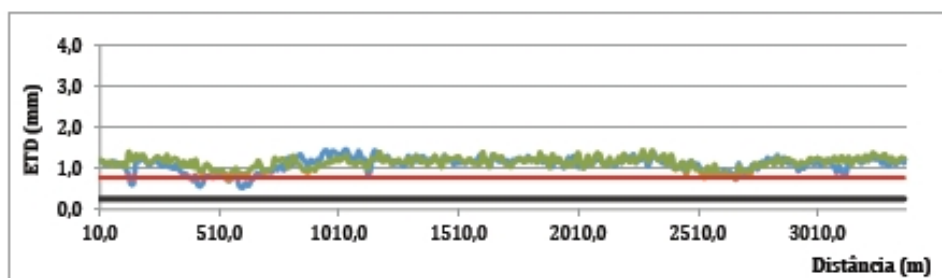


Figura 152 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

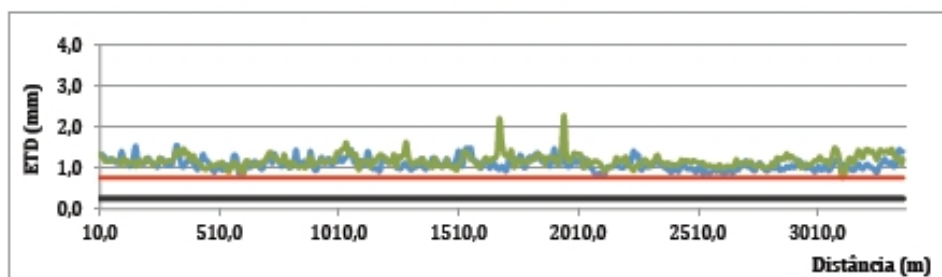


Figura 153 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

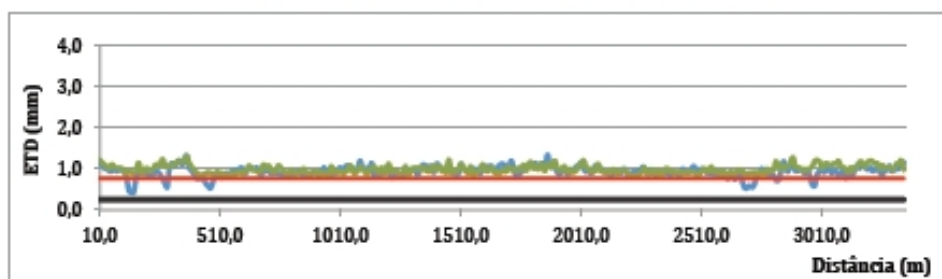


Figura 154 - Profundidade de Textura - Alinhamento +20m

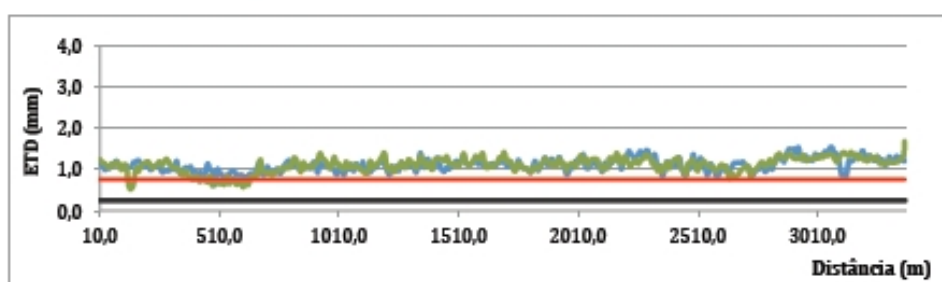


Figura 155 - Profundidade de Textura - Alinhamento -4m

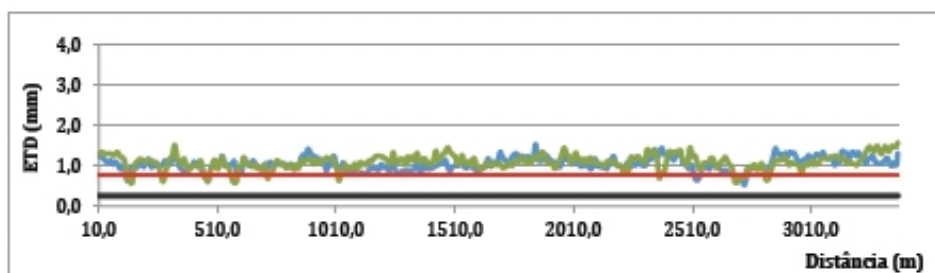


Figura 156 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

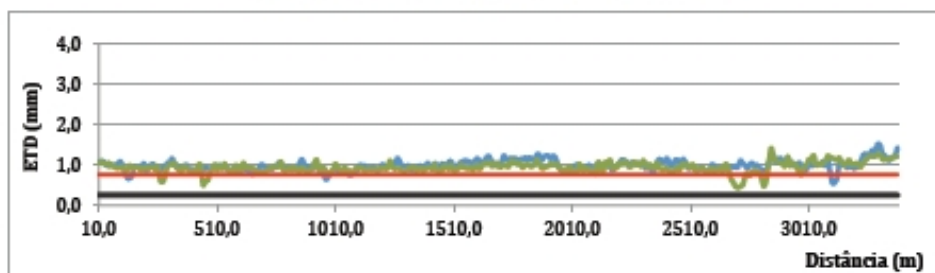


Figura 157 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E146 – Valores de textura ETD da Pista 17/35, do AFSC

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm e o que os valores abaixo dos 0,76 são tão pouco expressivos que não justificam a necessidade de intervenções.

E 7.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁷⁸, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

¹⁷⁸ ECS, EN 13036-5, 2006

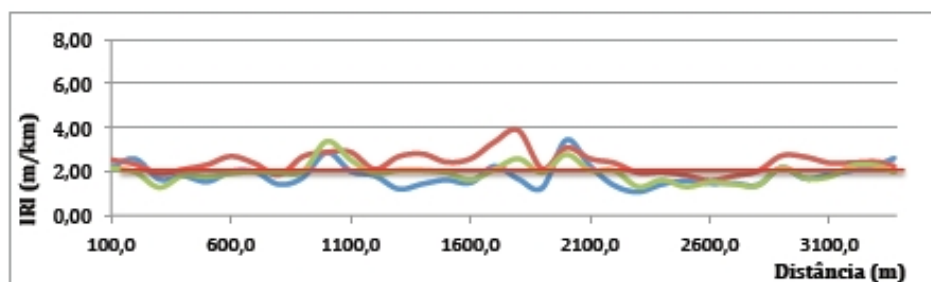


Figura 7 - IRI - Alinhamento 0m

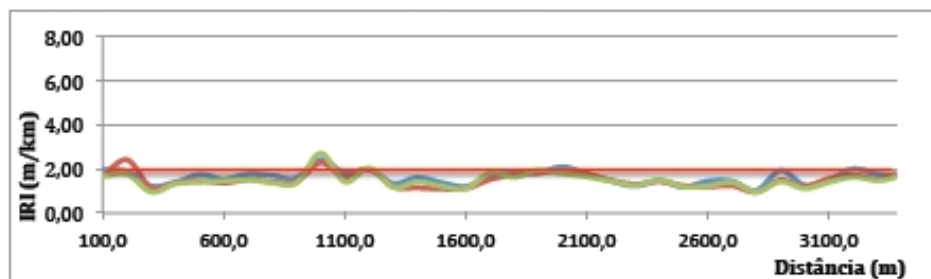


Figura 8 - IRI - Alinhamento +4m

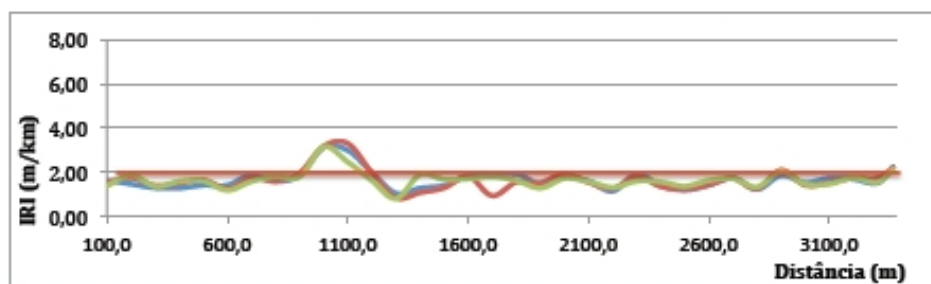


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

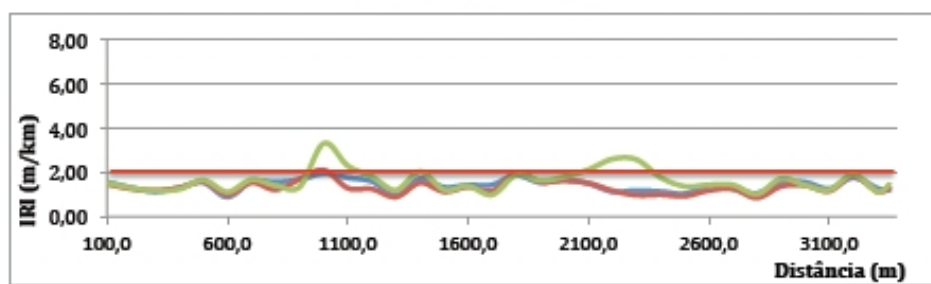


Figura 10 - IRI - Alinhamento +20m

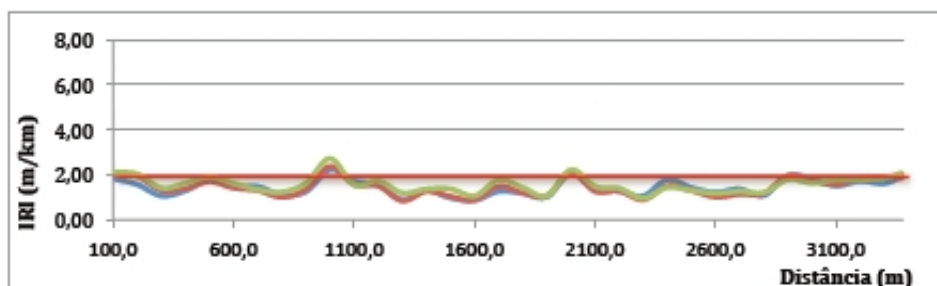


Figura 11 - IRI - Alinhamento -4m

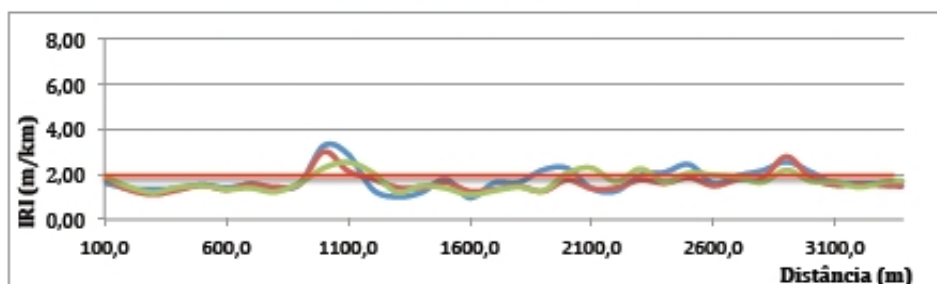


Figura 12 - IRI - Alinhamento -10m

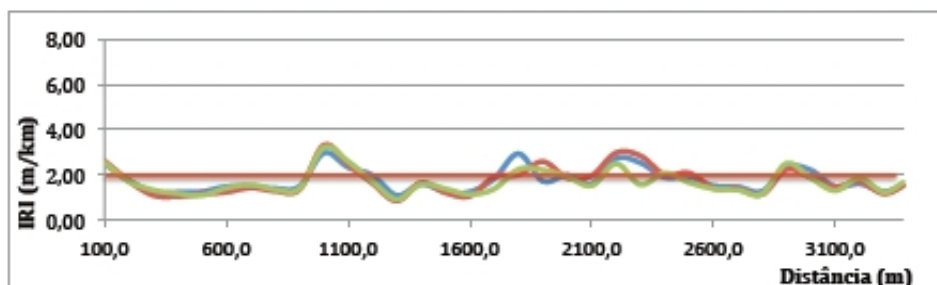


Figura 13 - IRI - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E147 - Valores de IRI dos alinhamentos da Pista 17/35, do AFSC

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 1,66m/km. Note-se que ao longo do eixo o valor excede o limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação á Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 17-35	1,73	1,68	1,49	2,08	1,53	1,66	1,46	1,66

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E148 - Valor do IRI da Pista 17/35, do AFSC

E 7.5 Contaminação

A Pista 17/35 do Aeroporto Francisco Sá Carneiro não tem problemas de contaminação.

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 17/35 do Aeroporto Francisco Sá Carneiro é Bom em todos os terços.

Complementarmente à publicação relativa ao coeficiente de atrito, face aos resultados de avaliação deste parâmetro, assim como da textura a qual é medianamente fechada a muito aberta (Ca E), sem valores de ETD/MTD abaixo dos 0,76 e de o PCI de 66% da pista ser Excelente não serão necessárias quaisquer ações a não ser o respeito do planeamento de manutenções.

Quanto à irregularidade, o parâmetro do IRI está dentro do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo é em média igual a 1,66, com um máximo de 2,08, pelo que também não suscita qualquer tipo de ação corretiva.

E 8. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DO PORTO SANTO

E 8.1 Diagnóstico

E 8.1.1. Dados históricos do Aeroporto do Porto Santo



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E149 – Vista em planta do Aeroporto do Porto Santo

De acordo com informações recolhidas em relatórios efetuados pelo LNEC¹⁷⁹ o Aeroporto do Porto Santo foi construído na década de 60, nessa altura foi construída uma pista, uma placa de estacionamento e um caminho de circulação que ligava a pista à placa. Posteriormente e até à presente data o aeroporto foi objeto de obras de ampliação e beneficiação. Os momentos mais significativos da vida do Aeroporto do Porto Santo são os apresentados no cronograma da Figura E150.

¹⁷⁹ LNEC, 2005, Relatório 451/05-NIT/DT

Ano	Intervenções
1961	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão betuminoso, com orientação norte/sul, 100°-190° [19-01] com 2.000m de comprimento - Construção de placa de estacionamento em betão de cimento, com 125mx100m - Construção de caminho de circulação em betão betuminoso entre placa e pista
1968	- Reforço da pista
1972	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliação da parte norte da pista através da construção de um pavimento em betão betuminoso com 440m, ficando a pista com 2.440m de comprimento - Ampliação da placa de estacionamento para norte e pavimentação da mesma com betão de cimento, placa fica com 260mx100m
1981	-Reforço dos 2.000m da pista inicialmente construídos
1988	<ul style="list-style-type: none"> - Repavimentação em betão de cimento dos primeiros 150m de pista a partir da soleira 01 e ampliação da pista do lado norte, soleira 19, através da construção de um pavimento em betão de cimento com 560m bem como reforço da restante pista em betão betuminoso. A pista ficou com 3.000mx45m - Ampliação da placa de estacionamento para 380mx140m (betão de cimento); - Construção de novo caminho de circulação em betão de cimento com 200mx40m.
2011	- Encerramento dos primeiros 601m a contar da soleira 18, passando a pista a ter um comprimento de 2.399m.

Figura E150 – Cronograma da vida do Aeroporto do Porto Santo

E 8.1.2. Condições atmosféricas

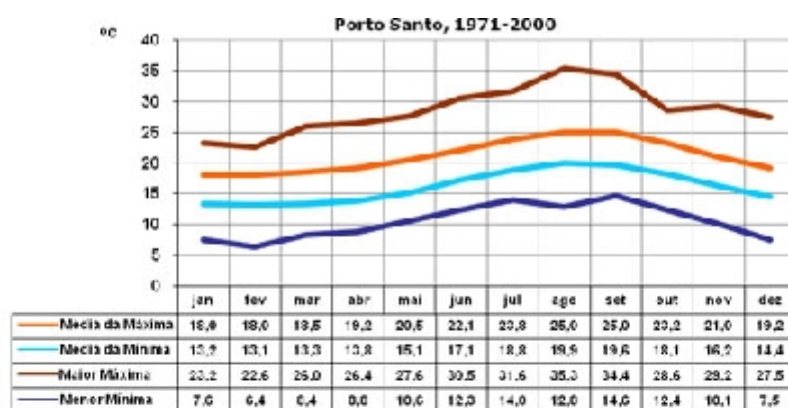


Tabela 1 – Normais da temperatura máxima e média do ar.

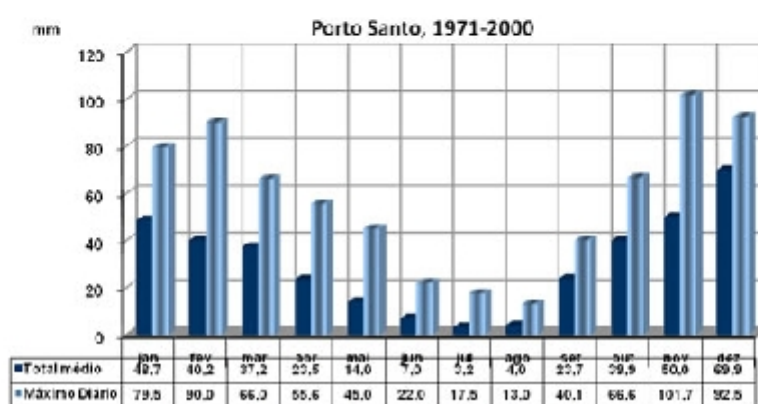


Tabela 2 – Normais dos valores da precipitação diária.

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E151 – Temperaturas e Precipitação do Porto Santo, entre 1971 e 2000

O Porto Santo apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 6,4°C e um máximo de 35,3°C, em média o mês mais frio foi o janeiro e o mais quente agosto.

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 361,3mm, o maior valor de precipitação diária foi 101,7mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm estima-se que seja ligeiramente inferior ao da Madeira e por isso da ordem dos 55.

E 8.1.3. Tráfego na Pista 18/36

A pista de Porto Santo, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 5.000, que se traduz num número médio de 14 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 18/36 é da ordem dos 30/70. O maior número de aterragens acontece na Pista 36, em média com 5 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de

aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo uma vez por ano e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 8.1.4. Características geométricas da Pista 18/36

A pista do Aeroporto do Porto Santo, atualmente designada 18/36, devido a alterações resultantes da variação da declinação magnética, tem hoje 3.000m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m. No entanto, face a problemas em elementos do sistema de drenagem profunda instalados sob as bermas dos primeiros 601m da parte norte da pista, esse troço foi desativado, tendo a soleira 18 mudado de localização e o comprimento operacional de pista sido reduzido a 2.399m.

O trecho da pista em pavimento flexível entre o 0+150 e o 2+440, que foi alvo de levantamento¹⁸⁰ para efeitos de projeto, tem uma inclinação longitudinal média de 1,02% e transversalmente é composto por duas águas com inclinação transversal descendente do eixo para a berma igual a 1,2% entre o 0+150 e o 2+000 e igual a 1,4% entre o 0+2000 e o 2+440. As bermas, também em pavimento flexível, têm 7,5m de largura dos quais os primeiros 5,5m contados a partir do bordo da pista apresentam inclinação transversal descendente, estando os restantes 2m contrainclinados, promovendo uma quebra de inclinações na berma onde se forma uma linha de água ao longo da qual estão dispostos os dispositivos de drenagem superficial.

Tem a referir-se uma anomalia presente no perfil transversal que advém das várias repavimentações da pista e que se traduz na presença de dois ressaltos, um precisamente no bordo da pista, aos 22,5m do eixo com alturas variáveis, que atingem os 4cm, o outro já na berma, a 3m do bordo da pista, a 25,5m do eixo com alturas entre os 3 e os 4cm.

E 8.1.5. Constituição do pavimento da Pista 18/36

Os primeiros 1.650m da pista, contados a partir da soleira 01, foram construídos em aterro, os restantes em escavação.

¹⁸⁰ NORVIA, 2010

A pista foi construída em três fases distintas, sendo em grande parte da sua extensão constituída por um pavimento em betão betuminoso, com ambas as extremidades em betão de cimento. A sua constituição, por troços de diferentes tipologias é a seguinte:

0 a 150m, a partir da soleira 01:

Pavimento rígido, construído em 1988:

- Lajes em betão de cimento com 5mx5m, com 36cm de espessura;
- Camada de betão pobre com 10cm de espessura.

150m a 2.440m, a partir da soleira 01:

Pavimento flexível, construído em 1961, dos **150m a 2.000m**:

- Sobreposição de camadas em betão betuminoso com espessura total entre os 22 e os 25cm (primeiras camadas executadas em 1961, com posteriores reforços nos anos de 1968, 1981 e 1988);
- Base em material granular com cerca de 15cm de espessura.

Pavimento flexível, construído em 1972, dos **2.000m a 2.440m**:

- Sobreposição de camadas em betão betuminoso com espessura total de cerca de 19cm (primeiras camadas executadas em 1972, com posterior reforço no ano de 1988);
- Base em material granular com cerca de 30cm de espessura.

2.440m a 3.000m, a partir da soleira 01:

Pavimento rígido, construído em 1988:

- Lajes em betão de cimento com 5mx5m, com 36cm de espessura;
- Camada de betão pobre com 10cm de espessura.

E 8.2 Atrito

Analisados os dados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada pelo LNEC em agosto de 2004 observa-se que os valores das médias por terço, dos ensaios que apenas foram efetuados à velocidade de 65km/h, se encontram no patamar verde, correspondente a um atrito Bom nos 1.º e 3.º terços e no patamar azul, correspondente a um atrito Muito Bom no 2.º terço.

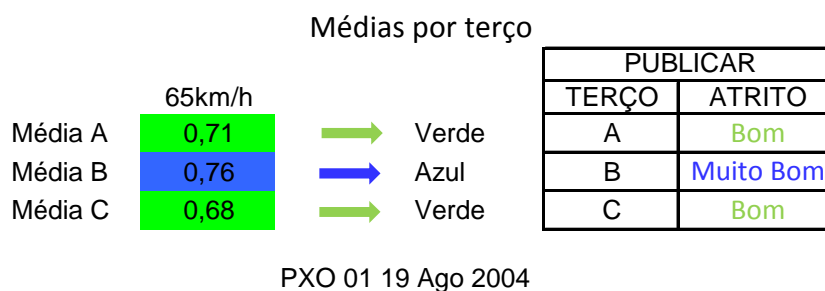


Figura E152 – Médias por terço da Pista 18/36, do Aeroporto do Porto Santo, Ago. 2004

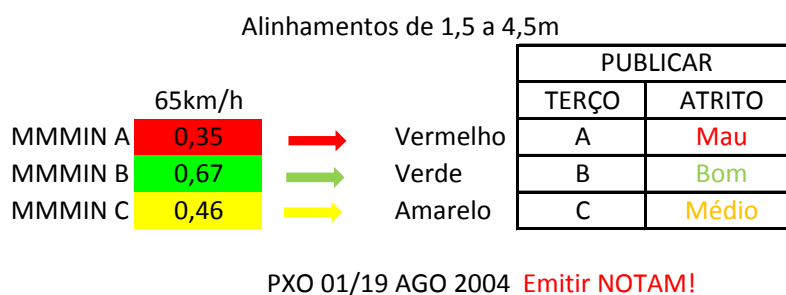
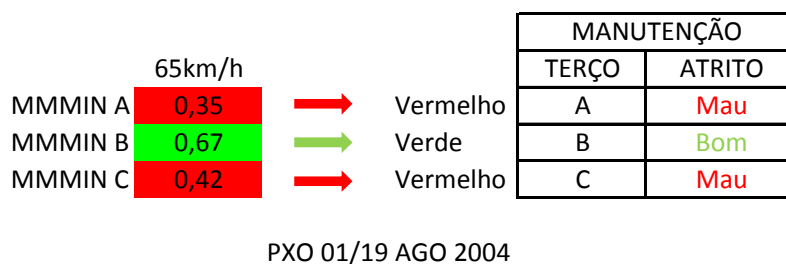


Figura E153 – Médias Móveis por terço Pista 18/36, Aeroporto do Porto Santo, Ago. 2004

Quando analisados os valores das Médias Móveis por terço e considerando para cada terço o menor desses valores, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/7,5/10,5/19,5m do eixo, de ambos os lados) tem-se, nos 1.º e 3.º terços o resultado no patamar vermelho, correspondente a um atrito Mau e o 2.º terço no patamar verde, correspondente a um atrito Bom. Caso se contemplem apenas os alinhamentos centrais da pista (1,5; 3 e 4,5m do eixo) o 1.º terço continua no patamar vermelho, o 2.º terço continua no patamar verde mas o 3.º terço passa a estar no patamar amarelo, correspondente a um atrito Médio, situação esta que não é a que se infere da observação dos gráficos de cor que apontam maioritariamente para valores no patamar azul e verde.

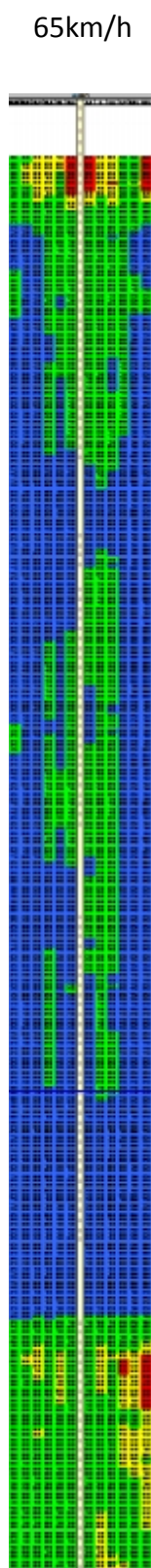


Figura E154 - Médias Móveis da Pista 18/36, do Aeroporto do Porto Santo, Ago. 2004

Contudo atendendo aos valores das médias móveis e para respeitar o definido pela ICAO e defendido nas presentes diretrizes o que deverá ser publicado em sede de informação aeronáutica é que o atrito da pista do Porto Santo é Mau no 1.º terço, Bom no segundo terço e

Médio no 3.º terço e complementarmente deverá ser emitido um NOTAM a informar que no 1.º terço a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

Para efeitos de manutenção a pista precisava de uma operação de limpeza especialmente nos primeiros 200m em ambos os lados da pista e do lado esquerdo dos últimos 400m, mas isto à altura da realização dos ensaios. No presente, quase oito anos volvidos e após o historial da pista nada se pode concluir relativamente ao parâmetro atrito da pista. Note-se que a mesma tem sido alvo de observações visuais que apontam para uma condição funcional muito degradada, as quais devido principalmente a desagregação já levaram à realização de inúmeras reparações pontuais. Assim sendo não se aconselha que agrida mais o pavimento com operações de limpeza, aquilo que se deverá fazer é proceder à realização das obras de reabilitação da pista já previstas e projetadas, e depois de concluídas as obras proceder a uma avaliação funcional completa da pista. Note-se que o pavimento após a recarga será de tal forma diferente, que nem se demonstra necessário proceder à avaliação antes das obras, para perceber as diferenças do antes e do após a repavimentação.

E 8.3 Outros parâmetros

Não há avaliações de outros parâmetros, nem de textura, nem de irregularidade, nem de contaminação e também não foram desenvolvidas mais campanhas de avaliação do coeficiente de atrito.

E 8.4 Publicação e ações a desenvolver

Face aos resultados da última campanha, os quais já datam de 2004 e ao histórico do pavimento desde então até ao presente, o mais conservativo será que até à conclusão das obras de reforço e reperfilamento da pista, cujo projeto já foi aprovado pelo regulador, mas que em virtude da conjuntura económica nacional ainda não foi conseguido financiamento para as obras, se publique que o atrito da pista do Porto Santo é Mau nos 3 terços da pista e que se emita um NOTAM a informar que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

Assim, deverão continuar a ser envidados todos os esforços no sentido de cativar o financiamento da verba para a realização das obras que a pista precisa, depois das quais deverá ser conduzida uma campanha global, que englobe a avaliação de todos os parâmetros: atrito; textura e irregularidade.

E 9. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AEROPORTO DE SANTA MARIA

E 9.1 Diagnóstico

E 9.1.1. Dados históricos do Aeroporto de Santa Maria



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E155 – Vista em planta do Aeroporto de Santa Maria

Segundo o relatório das infraestruturas elaborado pelo Coronel Eng.º Hermínio Serrano, que acompanhou a construção do Aeródromo de Santa Maria, inaugurado em 1945 um mês após o fim da guerra, o mesmo compreendia 3 pistas em betão betuminoso: a 1.^a com orientação Noroeste/Sueste, 1.857mx45,70m; a 2.^a com orientação Norte/Sul, 2.455,25mx61m e a 3.^a com orientação Nordeste/Sudoeste, 1.380mx45,70m. Todas elas com bermas revestidas com uma impregnação asfáltica e 22,8m de largura. Compreendia ainda os caminhos de circulação ente pistas e placa de estacionamento, também em betão betuminoso e 15m de largura, com bermas de 4m e a placa de estacionamento com uma extensão de 1.200m e uma largura variável entre 270 e 500m, perfazendo uma área de 37ha.

Durante as décadas de 40, 50, 60 e 70 o “Aeroporto viveu a sua época áurea, teve um papel central nas ligações aéreas através do Atlântico e a economia da ilha ficou dependente, quase em absoluto, das atividades a ele ligadas, primeiro à sua construção, para a qual se deslocaram algumas centenas de trabalhadores da vizinha ilha de São Miguel e de outras ilhas do arquipélago, e, depois, da prestação de serviços ligados ao seu funcionamento e ao centro de

controlo do tráfego aéreo no nordeste do Atlântico, que entretanto se instalou na ilha. Foi, nesse período, a única porta de saída por via aérea dos Açores”¹⁸¹.

Durante a década de 60 a pista n.º 2, de orientação Norte/Sul, foi ampliada para a atual extensão de 3.048m entre soleiras e repavimentada com uma laje em betão de cimento, e construídos nos topos da pista troços 300m de extensão, em betão betuminoso. Nas décadas de 70 e 80, com o aparecimento das aeronaves a jato, com muito maior autonomia, e uma vez adotada a Resolução n.º 36/80 do Governo Regional dos Açores, de definição da Política Aérea da região autónoma, a qual optou pela utilização da Base Aérea das Lajes como porta de entrada e saída dos voos intercontinentais regulares do arquipélago, o número de voos no Aeroporto de Santa Maria decresceu consideravelmente. Durante os anos de 1977 e 1978 a exploração do Aeroporto de Santa Maria passou a estar a cargo da ANA,EP¹⁸².

A construção e alterações do lado ar do Aeroporto de Santa Maria ocorreram conforme o que se apresenta no cronograma da Figura E156.


Ano	Intervenções
1945	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de 3 pistas em betão betuminoso: 1.ª orientação Noroeste/Sueste, 1.857mx45,70m; a 2.ª com orientação Norte/Sul, 2.455,25mx61m e a 3.ª com orientação Nordeste/Sudoeste, 1.380mx45,70m; - Construção dos caminhos de circulação - Construção da placa de estacionamento: 1.200m de comprimento e largura variável entre 270 e 500m, área de 37ha
Década de 60	- Ampliação da pista n.º 2, de orientação Norte/Sul, para a atual extensão de 3.048m entre soleiras e repavimentação da mesma com uma laje em betão de cimento, construção de topos com 300m de extensão, em betão betuminoso.
Década de 70	- Desativação das pistas n.º1 e n.º3

Figura E156 – Cronograma da vida do Aeroporto de Santa Maria

¹⁸¹ [http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Santa_Maria_\(A%C3%A7ores\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Santa_Maria_(A%C3%A7ores)), consultada a 20/06/2012


¹⁸² [http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Santa_Maria_\(A%C3%A7ores\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_de_Santa_Maria_(A%C3%A7ores)), consultada a 20/06/2012

E 9.1.2. Condições atmosféricas



Projecto CLIMAAT (INTERREG_3B - Mac 2.3/A3)

Clima Normal nas Estações do Instituto de Meteorologia (IM) - AÇORES



ILHA:	Santa Maria	Grupo:	Oriental	Período:	1961 - 1990	Fonte:	IM
Estação:	Acroporto	Coordenadas:	Lat. 30° 55' N ; Long. 20° 10' W;			Altitude:	100 m

	Temperatura do ar					Humidade rel. do ar			Insolação		Precipitação		
Mês	T (°C)					RH (%)					(mm)		
	média	média	média	máxima	mínima	Média	média	média	total	perc.	total	máxima	
	mensal	máximas	mínimas	observ.	observ.	09h	15h	21h	horas	%	Mês	diária	
Januário	14,4	16,8	12,1	20,2	6,2	82	82	74	80	94,4	31	100,5	54,1
Fevereiro	14	16,5	11,5	20,4	4,8	82	72	80	100,9	33	85,8	71,8	
Março	14,6	17,1	12	22	5,5	82	71	80	133	36	78,6	83,8	
Abril	15,2	17,9	12,5	21,6	7	79	58	78	155,8	40	54,9	65,2	
Mai	16,7	18,5	13,9	23,6	9,1	79	58	79	210,5	50	29,8	41,5	
Junho	18,8	21,6	15,9	26,7	10	81	70	79	185,8	45	22,4	37,5	
Julho	20,8	23,8	17,9	28,2	12,1	80	58	78	245,8	55	24,9	68,8	
Agosto	22,2	25,1	18,2	28,5	14,5	80	58	78	243,4	58	40,5	84,7	
Setembro	21,1	24,3	18,6	28,2	13,2	81	59	79	187,2	50	57,1	87,5	
Outubro	19,3	21,9	16,7	26,5	10,5	81	70	80	140,8	43	83,8	143,8	
Novembro	17,1	18,3	15,5	23,4	8,2	82	72	81	108,7	36	101,7	180,4	
Dezembro	15,1	17,7	13	23,5	6,5	82	74	81	88,2	33	85,3	88	
Ano	17,5	20,1	14,9	28,5	11,8	81	70	79	1933,3	42	775,2	180,4	

www.climaat.angra.uac.pt; consultada a 12/06/2012

Figura E157 – Temperaturas e Precipitação Aeroporto de Sta. Maria, entre 1961 e 1990

O Aeroporto de Santa Maria apresentou, entre 1961 e 1990, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de 4,8°C e um máximo de 28,5°C, em média o mês mais frio foi fevereiro e o mais quente agosto.

Relativamente à precipitação registada no período entre 1961 e 1990, a média anual foi 775,2mm, o maior valor de precipitação diária foi 180,4mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm estima-se que seja ligeiramente inferior ao de Ponta Delgada, que é a outra ilha do Grupo Oriental e por isso da ordem dos 120.

E 9.1.3. Tráfego na Pista 18/36

A pista do Aeroporto de Santa Maria, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 3.500, que se traduz num número médio de 10 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 18/36 é da ordem dos 80/20. O maior número de aterragens acontece na Pista 18, em média com 4 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas de avaliações do atrito em contínuo uma vez por ano e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 9.1.4. Características geométricas da Pista 18/36

A pista do Aeroporto de Santa Maria, designada 18/36, tem 3.048m de comprimento, 60m de largura mais bermas de 22,8m.

E 9.1.5. Constituição do pavimento da Pista 18/36

A pista é constituída por um pavimento rígido em betão de cimento, cuja laje tem 54cm de espessura.

E 9.1.6. Inspeção visual

A inspeção visual do Aeroporto de Santa Maria foi realizada entre os dias 30 de maio e 1 de junho de 2011, no âmbito da campanha de ensaio dos pavimentos realizada pelo consórcio Ambisg/Grontmil/Carl Bro/ Instituto Superior Técnico/Intergraph, para efeitos de integração no Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários SGPA da ANA a qual resultou num relatório em de 26/04/2012 ¹⁸³.

Essa inspeção visual foi desenvolvida de acordo com a norma ¹⁸⁴ para o cálculo do *Pavement Condition Index* (PCI). O cálculo do valor de PCI foi efetuado através da identificação, classificação e quantificação das patologias observadas no pavimento da pista, recorrendo a um conjunto de unidades selecionadas de acordo com o definido nessa norma. A pista foi subdividida em secções distintas. Em secção corrente em:

- Bermas;
- Faixa central com 23m de largura;
- Faixas laterais com 18,5m de largura, cada.

E nos cruzamentos em:

- Bermas;
- Faixa com 45m de largura.

¹⁸³ ANA, 2012, Relatório SGPA

¹⁸⁴ ASTM, D 5340-11, 2011

Os valores de PCI obtidos para a pista foram os que se apresentam na Figura E158.

Secção	Tipo de Pavimento	Área Total (m ²)	Nº de UA	Nº de UA inspeccionadas	PCI	
					Valor	Classificação
ASM_SH_RWY_1836_1	Flexível	18433	40	4	76,54	Muito Bom
ASM_SH_RWY_1836_2	Rígido	55486	111	12	22,34	Muito Pobre
ASM_SH_RWY_1836_3	Rígido	42545	85	9	22,29	Muito Pobre
ASM_SH_RWY_1836_4	Rígido	41298	83	9	26,38	Pobre
ASM_SH_RWY_1836_5	Rígido	18370	37	4	47,51	Razoável
ASM_SH_RWY_1836_6	Flexível	9350	20	4	53,63	Razoável
ASM_SH_RWY_1836_7	Rígido	43075	86	9	18,73	Muito Pobre
ASM_SH_RWY_1836_8	Flexível	18224	40	4	89,02	Excelente

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E158 – Valores de PCI da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

PCI Aeroporto de Santa Maria

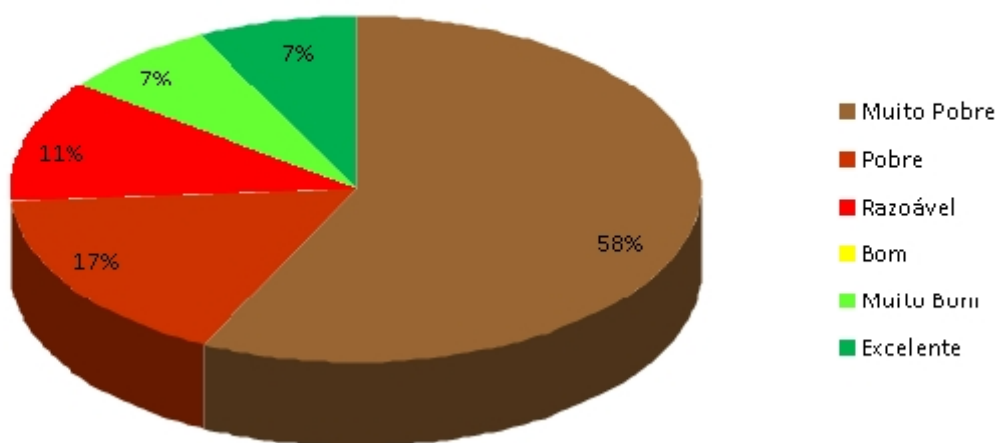


Figura E159 – PCIs da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

E 9.2 Atrito

Quando analisados os valores médios por terço, constantes do relatório da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada pela DIA/ANA ao Aeroporto de Santa Maria, em setembro de 2009, constata-se que os mesmos se situam no patamar azul, com classificação de Muito Bom.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,86	0,75	→	Azul	A	Muito Bom
Média B	0,87	0,76	→	Azul	B	Muito Bom
Média C	0,86	0,74	→	Azul	C	Muito Bom

Figura E160 – Médias por terço da Pista 18/36, Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2009

Esse relatório faz também a comparação dos resultados da campanha desse ano com anteriormente realizada, em setembro de 2008, da qual resulta a constatação de que os valores são preservados não obstante se observe uma ligeira degradação dos valores das médias dos alinhamentos a 6 e 9 metros à direita da pista, no último terço. O que levou a que a média desse terço passasse de um atrito Muito Bom (patamar azul) a um atrito Bom (patamar verde). No relatório ainda é salientada a reduzida acumulação de borracha que se observa na pista, apesar da idade do pavimento (com aproximadamente 60 anos nessa data) e também a reduzida percentagem de desgaste do agregado.

					MANUTENÇÃO	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,75	0,57	→	Verde	A	Bom
MMMIN B	0,77	0,62	→	Verde	B	Bom
MMMIN C	0,73	0,60	→	Verde	C	Bom

ASM 18/36 SET 2009

Apenas alinhamentos 1,5m; 3m e 4,5m

					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,75	0,57	→	Verde	A	Bom
MMMIN B	0,79	0,69	→	Verde	B	Bom
MMMIN C	0,73	0,63	→	Verde	C	Bom

ASM 18/36 SET 2009

Figura E161 – Médias Móveis por terço Pista 18/36, Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2009

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, e para ambas as velocidades, 65 e 95km/h, quer se considerados todos os alinhamentos, quer se apenas considerados os alinhamentos centrais, tem-se que todos os valores se encontram no patamar verde, atrito Bom.

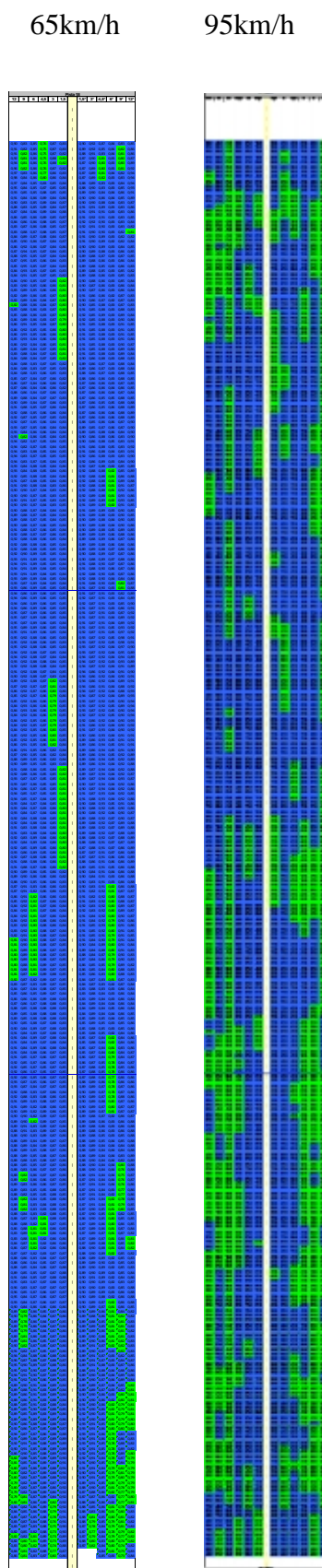


Figura E162 - Médias Móveis da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2009

Os resultados das médias móveis são mais conservativos que os das médias, o que especialmente no caso dos ensaios a 65km/h enfatiza que basta a presença de poucos valores

num patamar abaixo para que todo o terço seja classificado de acordo com o mesmo, contribuindo assim para uma classificação mais conservativa. No caso dos ensaios a 95km/h tal não se nota tanto, porque neste caso, muito embora a média ainda esteja no patamar azul, da observação dos gráficos de cor das médias móveis já se veem muitos valores no patamar verde.

Para efeitos de publicação o que se deveria publicar era que o atrito da pista de Santa Maria era Bom em todos os terços.

Complementarmente tem-se a referir que não se prognosticam quaisquer problemas relacionados com este parâmetro, contudo, convirá registar o facto de comparativamente, os resultados à velocidade mais elevada serem piores que os resultados à velocidade mais reduzida.

Em setembro de 2011 a ANA efetuou nova campanha de avaliação do atrito em contínuo à pista do Aeroporto de Santa Maria, a qual em termos de médias aponta para o mesmo patamar azul, a ambas as velocidades e em todos os terços.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,87	0,82	→	Azul	A	Muito Bom
Média B	0,87	0,82	→	Azul	B	Muito Bom
Média C	0,87	0,83	→	Azul	C	Muito Bom

ASM 18 36 SET2011

Figura E163 – Médias por terço da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2011

	65km/h	95km/h			MANUTENÇÃO	
					TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,48	0,39	→	Vermelho	A	Muito Mau
MMMIN B	0,49	0,40	→	Vermelho	B	Muito Mau
MMMIN C	0,45	0,37	→	Vermelho	C	Muito Mau

ASM 18/36 SET 2011

Apenas alinhamentos 1,5m; 3m e 4,5m					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,73	0,71	→	Verde	A	Bom
MMMIN B	0,79	0,79	→	Verde	B	Bom
MMMIN C	0,69	0,67	→	Verde	C	Bom

Figura E164 – Médias Móveis por terço Pista 18/36, Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2011

Em termos de Médias Móveis e note-se que nesta campanha também foi incluído o eixo, nos alinhamentos avaliados, quando considerados todos os alinhamentos a 65km/h observa-se que ao longo do eixo há bastantes valores no patamar amarelo e alguns no patamar vermelho, que levam à classificação do atrito como Muito Mau em todos os terços. Se apenas considerados os alinhamentos centrais com exceção do eixo os valores são mais razoáveis e representativos da realidade observada, que resulta na proposta de publicação de um atrito Bom em todos os terços pelo facto de os valores se situarem no patamar verde.

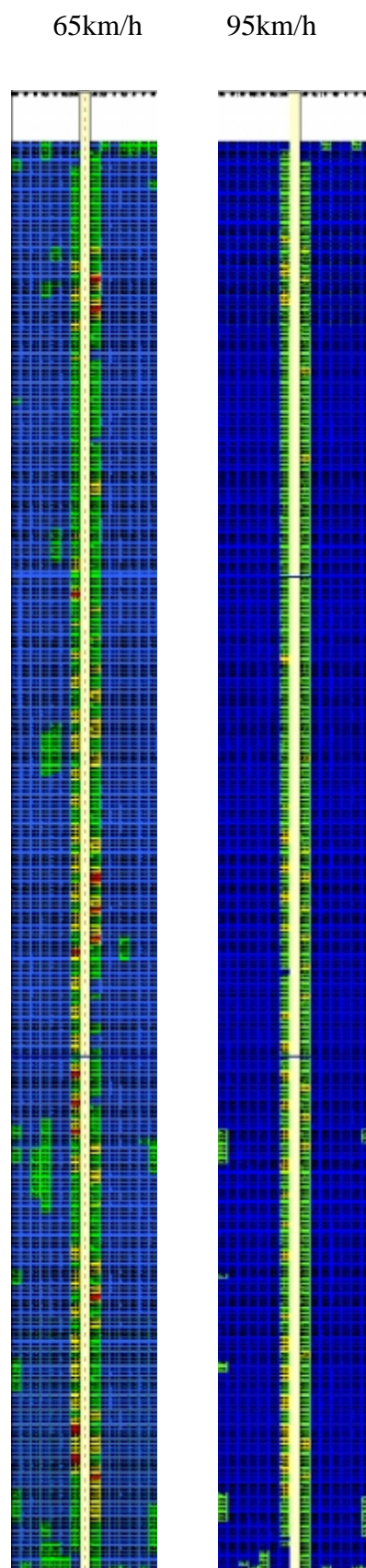


Figura E165 – Médias Móveis da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria, Set. 2011

Esta proposta de publicação é até mais favorável que a do relatório, a qual aponta para que se publique o valor médio mais baixo por terço para a velocidade de 65km/h, que no caso do terço intermédio conduz à classificação de atrito Médio em vez de Bom.

Para efeitos de manutenção, atentando aos valores das médias móveis do eixo da pista ressalta a urgência e necessidade de tomada de medidas, que podem começar pela limpeza do eixo da pista uma vez que os piores valores aparecem nos ensaios à velocidade mais baixa. Esta limpeza poderá obviar a necessidade de outro tipo de medidas, o que deverá ser confirmado com uma campanha de avaliação do coeficiente de atrito a realizar depois da campanha de limpeza.

E 9.3 Textura

Foi efetuado o levantamento de acordo com a norma da macrotextura NP EN ISO 13473-1:2011¹⁸⁵, do eixo e de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto.

A medição da profundidade de textura foi efetuada pelos dois lasers localizados nos alinhamentos dos rodados do veículo de ensaios, dos quais a linha azul representa a medição do rodado esquerdo e a linha verde a medição do rodado direito.

¹⁸⁵ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

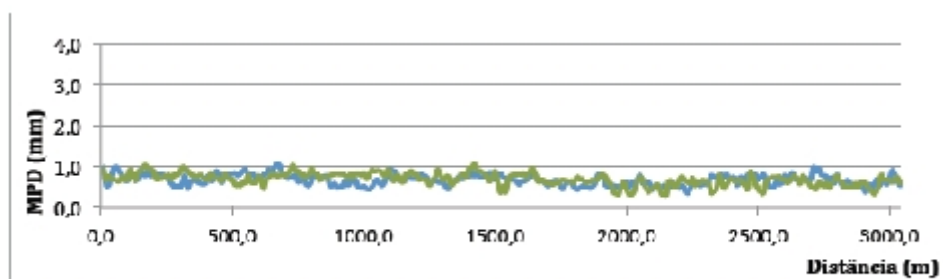


Figura 34 - Textura MPD - Alinhamento 0m

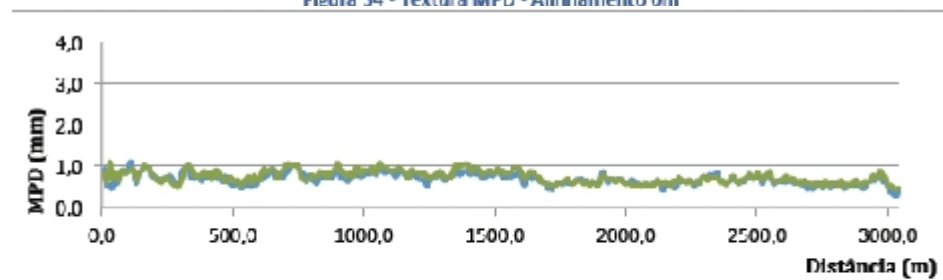


Figura 35 - Textura MPD - Alinhamento +4m

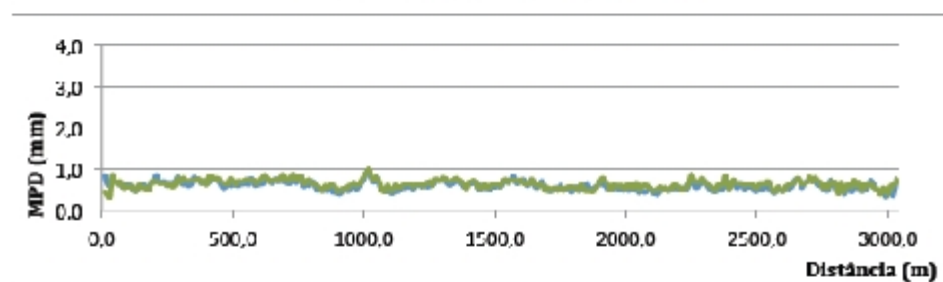


Figura 36 - Textura MPD - Alinhamento +10m

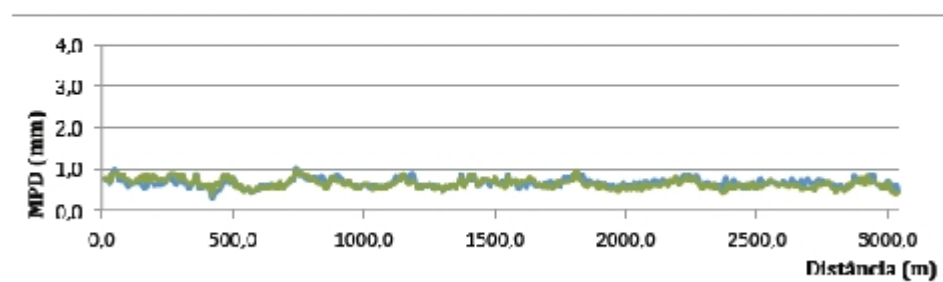


Figura 37 - Textura MPD - Alinhamento +20m

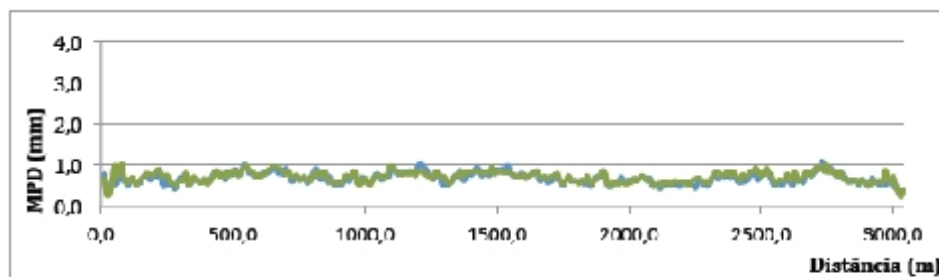


Figura 38 - Textura MPD - Alinhamento -4m

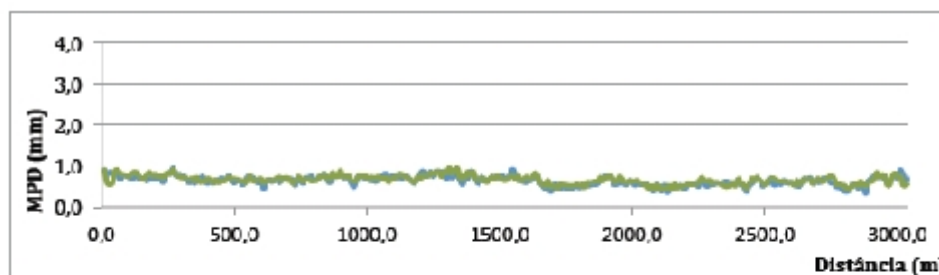


Figura 39 - Textura MPD - Alinhamento -10m

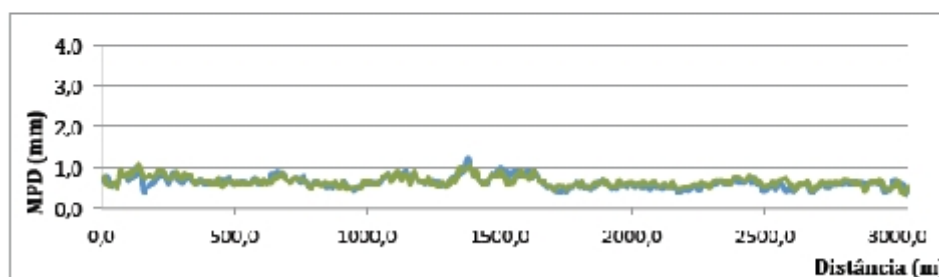


Figura 40 - Textura MPD - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E166 – Valores de textura MPD da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

Os valores da MPD situam-se entre os 0,2mm e os 1,2mm.

Por forma a poder comparar os valores de textura com os definidos na Advisory Circular 150/5320-12C da FAA¹⁸⁶ efetuou-se a conversão dos valores de MPD em ETD de acordo com a fórmula de transformação proposta pela norma NP EN ISO 13473-1:2011¹⁸⁷.

$$ETD = 0,2 + 0,8 \times MPD \quad (\text{eq.31})$$

¹⁸⁶ FAA, AC-150/5320-12C, 1997

¹⁸⁷ IPQ, NP EN ISO 13473-1, 2011

Essa circular estabelece que para valores de textura abaixo dos 0,76mm sejam tomadas medidas de reabilitação da textura as quais caso o valor seja inferior a 0,25mm devem ser desenvolvidas em menos de 2 meses. Em pavimentos novos essa circular recomenda valores de 1,14mm e a ICAO, 1,00mm.

Nos gráficos que seguidamente se apresentam a linha azul representa a medição do rodado esquerdo, a linha verde a medição do rodado direito, a linha vermelha o limite de manutenção de 0,76mm e a linha preta o valor mínimo admissível de 0,25mm.

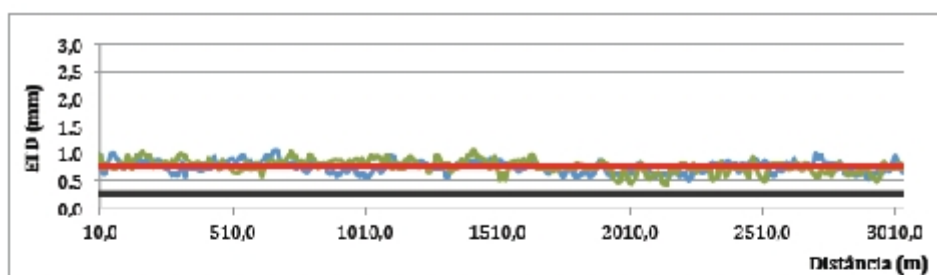


Figura 61 - Profundidade de Textura - Alinhamento 0m

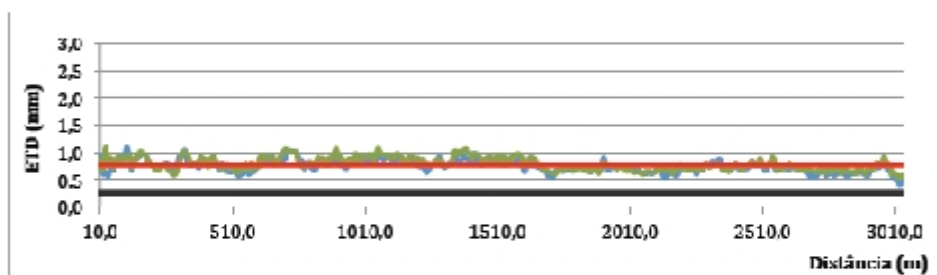


Figura 62 - Profundidade de Textura - Alinhamento +4m

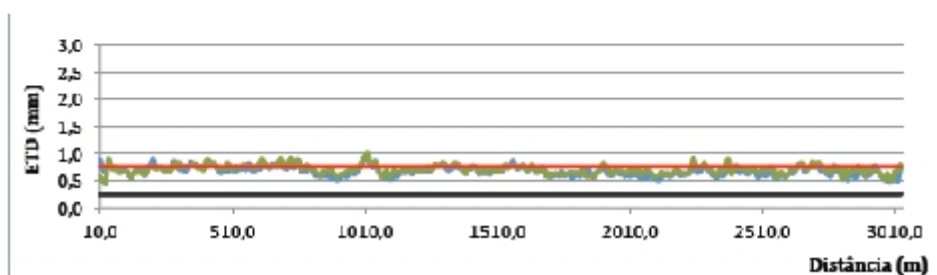


Figura 63 - Profundidade de Textura - Alinhamento +10m

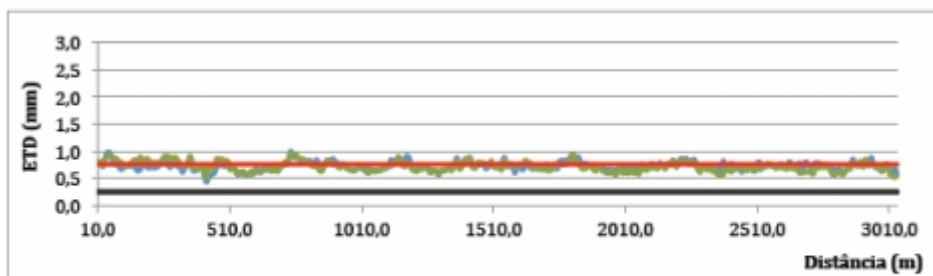


Figura 64 - Profundidade de Textura - Alinhamento +20m

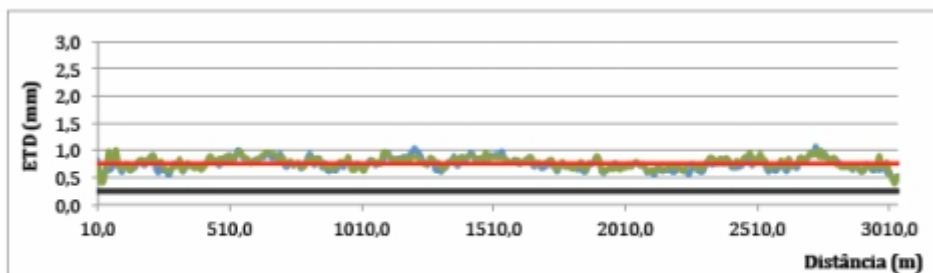


Figura 65 - Profundidade de Textura - Alinhamento -4m

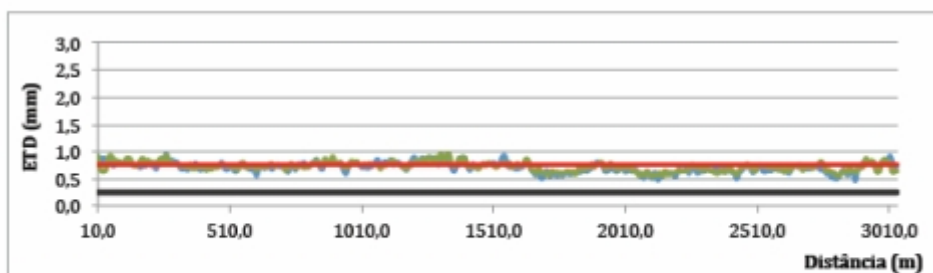


Figura 66 - Profundidade de Textura - Alinhamento -10m

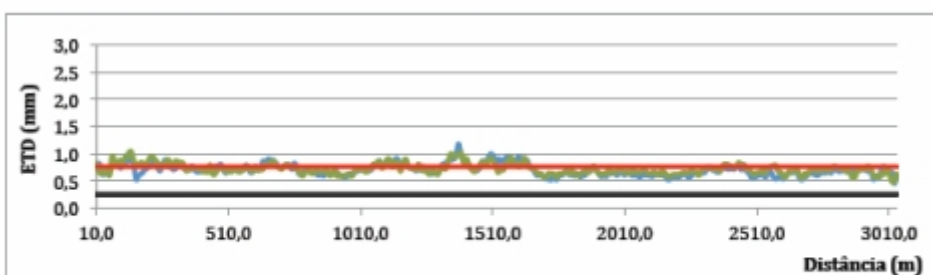


Figura 67 - Profundidade de Textura - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E167 – Valores de textura ETD da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

Da observação dos gráficos constata-se que não há valores abaixo dos 0,25mm, no entanto, e ao longo de todos os alinhamentos avaliados há muitos valores em torno e abaixo dos 0,76mm, que justificam que se proceda a intervenções na pista caso o parâmetro do atrito também dite essa necessidade.

E 9.4 Irregularidade

Foi efetuado o levantamento com um perfilômetro laser, de acordo com a norma da irregularidade longitudinal EN 13036-5:2006¹⁸⁸, ao longo do eixo e ao longo de alinhamentos a 4, 10 e 20 metros do eixo de ambos os lados da pista, sete alinhamentos portanto. Transversalmente foram também ensaiados alinhamentos de 100 em 100 metros de pista.

Para obter o valor da irregularidade longitudinal, IRI, foram considerados os valores lidos pelos três lasers centrais, o esquerdo o central e o direito, que nas figuras são representados a azul, vermelho e verde, respetivamente. Posteriormente o IRI é calculado para intervalos de 100m e comparado com uma linha horizontal vermelha com o máximo valor de IRI admitido para aeródromos (2m/km).

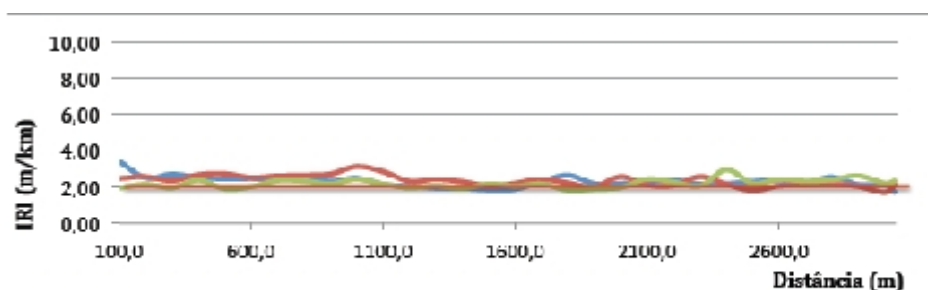


Figura 7 - IRI - Alinhamento 0m

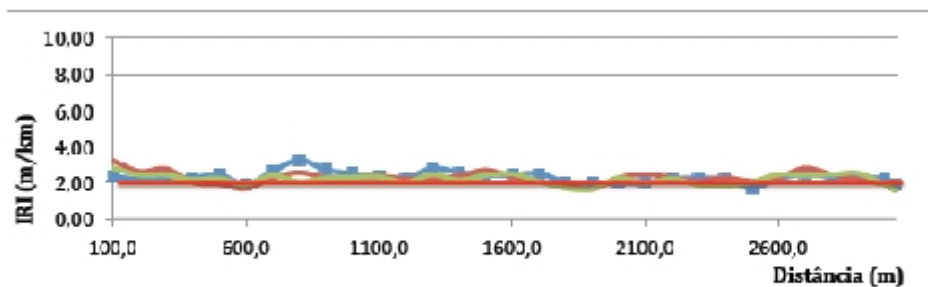


Figure 8 - IRI - Alinhamento +4m

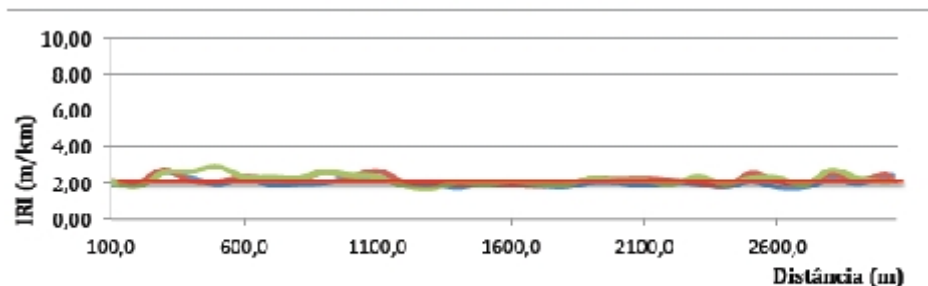


Figura 9 - IRI - Alinhamento +10m

¹⁸⁸ ECS, EN 13036-5, 2006

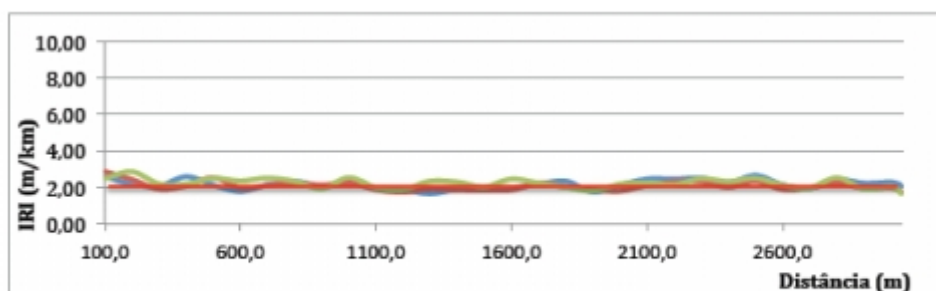


Figura 10 - IRI - Alinhamento +20m

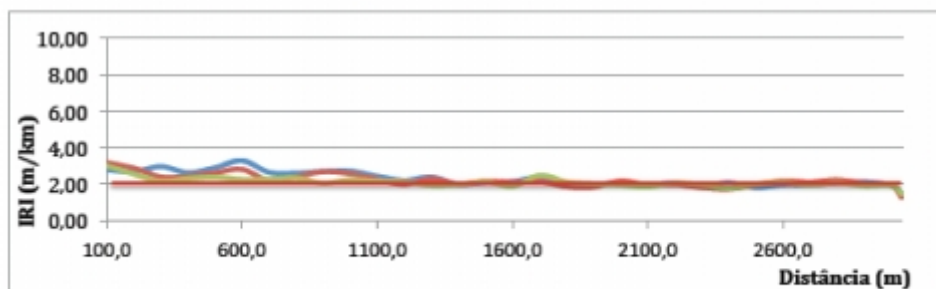


Figura 11 - IRI - Alinhamento -4m

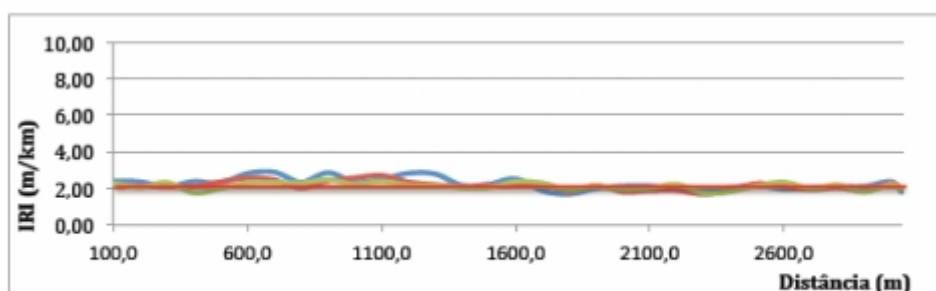


Figura 12 - IRI - Alinhamento -10m

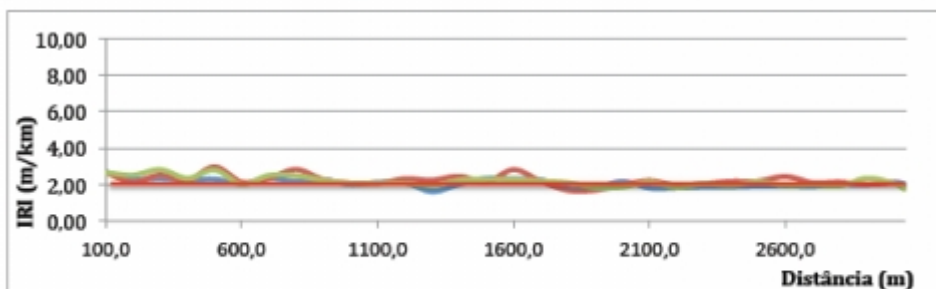


Figura 13 - IRI - Alinhamento -20m

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E168 - Valores de IRI da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

Para analisar o comprimento do valor máximo no IRI, foi calculado o valor médio do parâmetro para cada um dos alinhamentos longitudinais e posteriormente obtido o valor médio da pista, que resultou em 2,2m/km. Note-se que todos os valores, estão acima do limite de 2m/km.

Área Operacional	Valor médio do IRI (m/Km)							Valor Médio (m/km)
	Alinhamento em relação á Central Line (m)							
	-20	-10	-4	0	+4	+10	+20	
Pista 18-36	2,16	2,17	2,21	2,29	2,27	2,12	2,16	2,20

Fonte: ANA, 2012, Relatório SGPA

Figura E169 – Valor do IRI da Pista 18/36, do Aeroporto de Sta. Maria

E 9.5 Contaminação

A Pista 18/36 do Aeroporto de Santa Maria não tem problemas de contaminação.

E 9.6 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 18/36 do Aeroporto de Santa Maria é Bom em todos os terços.

Complementarmente à publicação relativa ao coeficiente de atrito, face aos resultados de avaliação deste parâmetro relativamente às necessidades de manutenção, assim como da textura a qual é fechada aberta (C a E), com muitos valores de ETD/MTD abaixo dos 0,76, e ao valor do PCI que classifica 58% da pista como Muito Pobre, ditam a urgência e necessidade de tomada de medidas, que podem começar pela limpeza do eixo da pista uma vez que os piores valores aparecem na envolvente do mesmo, nos ensaios efetuados à velocidade mais baixa.

Quanto à irregularidade, muito embora o parâmetro do IRI esteja para além do valor limite dos 2m/km aconselhado para pistas de aeroportos. O mesmo, em média igual a 2,20, com um máximo de 2,29, é ainda inferior ao valor limite de pavimentos novos (3,5) pelo que se considera aceitável.

E 10. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA BASE AÉREA N.º 11, EM BEJA

E 10.1 Diagnóstico

E 10.1.1. Dados históricos da Base Aérea n.º 11, em Beja

De acordo com Memorando da FAP de 07/10/2002 ¹⁸⁹ o Aeroporto de Beja foi construído na década de 60, mais precisamente entre 1963 e 1965, nessa altura foram construídas duas pistas paralelas, separadas entre eixos 215m, a principal 01L/19R com 3.450m de comprimento e 60m de largura, a secundária 01R/19L com 2.951m de comprimento e 30m de largura, cinco caminhos de circulação “A”; “B”; “D”; “E” e “G” e duas placas de estacionamento, Placa de alerta Norte e Placa de alerta Sul.

Posteriormente e até à presente data o aeroporto foi objeto de obras de adaptação para a operação de aeronaves civis, nomeadamente através do alargamento dos caminhos de circulação “B”; “D” e “E”, da construção de uma placa de estacionamento na componente civil e de um caminho de circulação que lhe dá acesso “J”, conforme observável na Figura E170.



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E170 – Vista em planta da BA11, Beja

¹⁸⁹ FAP – DI, 2002

Os momentos mais significativos da vida do Aeroporto de Beja são os apresentados no cronograma da Figura E171.

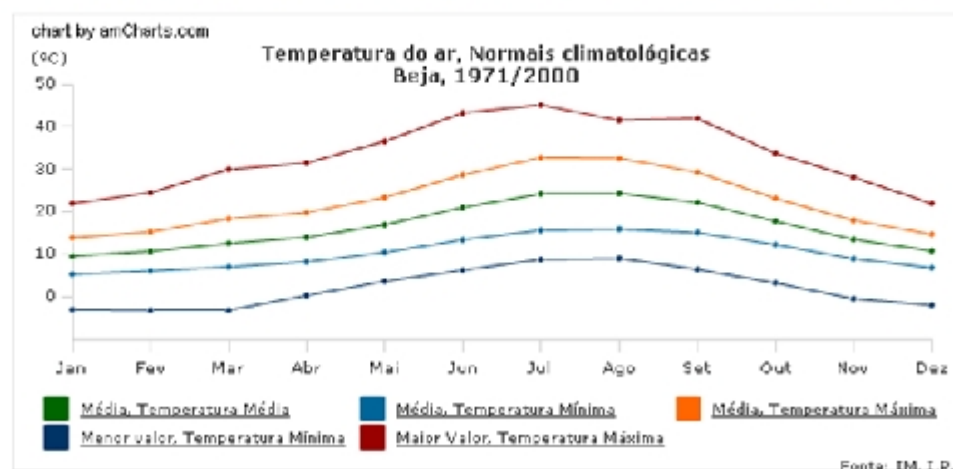
Ano	Intervenções
1965	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão de cimento armado pré-esforçado, com orientação norte/sul, 100°-190° [19L-01R] com 3.450m de comprimento e 60m de largura. - Construção de pista paralela em betão de cimento armado pré-esforçado, com orientação norte/sul, 100°-190° [19R-01L] com 2.951m de comprimento e 30m de largura. - Construção de 5 caminhos de circulação em betão de cimento, de ligação entre pista principal e pista paralela, com comprimento comum de 170m e 15m de largura, em que os caminhos “A” e “G” dão acesso à placa de alerta Norte e à placa de alerta Sul, respetivamente. - Construção de placas de estacionamento, de alerta Norte e Sul.
2007/2010	<ul style="list-style-type: none"> - Alargamento dos caminhos de circulação “A”; “B”; “E” e “G” para 30m. - Construção do caminho de circulação “J” e da placa de estacionamento civil.
2010	<ul style="list-style-type: none"> - Abertura da componente civil do Aeroporto de Beja.

Figura E171 – Cronograma da vida da Base Aérea de Beja

7.6.1.2 Condições atmosféricas

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - BEJA

Estação: sinóptica; Número: 562. Localização: Lat: 38°01'N; Lon: 07°52'W; Alt: 248m. Período de funcionamento: 01-



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Temperatura Máxima Diária (°C)													
Maior valor	22.0	24.5	30.0	31.5	36.6	43.3	45.2	41.5	42.0	33.8	28.1	22.0	45.2
Data	21/1981	28/1987	22/1982	30/1987	21/1974	14/1981	24/1995	04/1992	08/1988	02/1980	08/1985	15/1988	24/07/1995
Menor valor	4.7	5.7	9.1	10.6	12.8	15.2	20.4	22.7	18.4	12.0	9.3	5.0	4.7
Data	02/1971	17/1991	10/1975	12/1970	27/1980	03/1984	02/1997	31/1989	20/1992	22/1987	29/1977	14/1975	02/01/1971
Temperatura Mínima Diária (°C)													
Maior valor	13.2	13.8	14.2	17.3	21.4	25.5	28.4	25.5	24.2	19.9	18.0	15.4	28.4
Data	01/1998	05/1979	26/1984	30/1987	20/1996	14/1981	18/1991	07/1992	19/1987	01/1977	01/1995	25/1995	18/07/1991
Menor valor	-3.0	-3.2	-3.2	0.3	3.6	6.2	8.7	9.0	6.4	3.2	-0.5	-2.0	-3.2
Data	25/1976	10/1983	01/1993	09/1985	03/1977	06/1972	03/1997	31/1974	30/1974	23/1974	27/1971	22/1979	10/02/1983
Número médio de dias com:													
Temperatura Máxima ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.3	3.1	12.5	22.5	23.8	13.3	1.5	0.0	0.0	77.1
Temperatura Máxima ≥ 25 °C	0.0	0.0	1.6	3.6	10.8	23.0	30.2	30.4	25.5	10.2	0.5	0.0	135.8
Temperatura Mínima ≥ 20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	3.1	3.2	1.5	0.0	0.0	0.0	6.9
Temperatura Mínima ≤ 0 °C	1.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.1

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E172 – Temperaturas de Beja, entre 1971 e 2000

Beja apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -3,2°C e um máximo de 45,2°C, em média o mês mais frio foi o janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - BEJA

Estação: sinóptica; Número: 562; Localização: Lat.: 38°01'N; Lon.: 07°52'W; Alt.: 245m; Período de funcionamento: 01-



Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (09-09UTC), mm.												
73.7	61.5	42.5	62.2	47.0	17.6	2.9	4.0	24.7	63.3	71.8	100.6	571.8

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (09-09UTC), mm.													
Maior valor	55.7	44.0	34.4	37.3	40.6	40.4	16.9	33.3	60.2	73.4	111.3	96.4	111.3
Data	27/1988	01/1972	06/1991	09/1989	21/1975	14/1992	05/1988	23/1997	19/1999	24/1989	06/1997	22/2000	6/11/1997
Número médio de dias com precipitação:													
Dia (09-09 UTC) >= 0,1mm	12.3	11.2	9.3	12.4	9.7	4.7	1.7	1.7	5.1	10.0	10.1	13.0	101.2
Dia (09-09 UTC) >= 1mm	8.7	7.0	6.1	8.0	6.5	2.4	0.5	0.0	2.0	6.7	7.3	9.0	67.4
Dia (09-09 UTC) >= 10mm	2.8	2.1	1.2	2.0	1.4	0.5	0.0	0.1	0.7	2.3	2.6	3.8	19.5

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E173 – Precipitação de Beja, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 571,8mm, o maior valor de precipitação diária foi 113,3mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 67.

E 10.1.2. Tráfego na Pista 01L/19R

A pista de Beja, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 8.500, que se traduz num número médio de 23 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 01L/19R é da ordem dos 40/60. O maior número de aterragens acontece na Pista 19R, em média com 7 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 10.1.3. Características geométricas da Pista 01L/19R

A pista principal da Base Aérea n.º 11 em Beja, designada 01L/19R, tem 3.450m de comprimento, 60m de largura mais bermas de 15m. Tem ainda Prolongamentos de aceleração/travagem (*Stopways*) de 275m em ambas as pistas.

A pista tem uma inclinação longitudinal média de 0,17%, é constituída por quatro trainéis de inclinações: 0,2% descendente; 0,5% ascendente; 0,02% ascendente e 0,52% descendente. Transversalmente é composto por duas águas com inclinação transversal descendente do eixo para a berma variável: do eixo aos 7,5m: 0,8%; dos 7,5m aos 15m: 1,2% e dos 15m aos 30m: 1,5%. a 1,2% entre o 0+150 e o 2+000 e igual a 1,4% entre o 0+2000 e o 2+440. Note-se que a faixa de 15m central da pista tem uma inclinação transversal inferior à recomendada pela ICAO (1%) que poderá resultar em problemas de drenagem. As bermas, em pavimento flexível, têm 15m de largura com inclinação transversal descendente para a faixa, correndo a drenagem superficial ao longo de uma caleira em betão situada entre a pista e a berma.

E 10.1.4. Constituição do pavimento da Pista 01L/19R

A pista é integralmente constituída por lajes com 7,5m de largura e 96m de comprimento, em betão de cimento armado pré-esforçado com 16cm de espessura (tipo de pré-esforço KA6 com 15 unidades por 7,5m, espaçamento longitudinal entre cabos centrais de 0,50m e cabos laterais 0,25m e espaçamento transversal de 0,51m), assentes sobre uma camada de base de solo-cimento com 15cm de espessura, sobre uma sub-base de saibros com espessura média de 40cm.

E 10.2 Atrito

E 10.2.1. Avaliação do atrito em contínuo pelo GEAFa

Analizados os dados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada pelo GEAFa em novembro de 2009 observa-se que os valores das médias por terço relativos aos ensaios efetuados à velocidade de 65km/h se situam no intervalo amarelo (correspondente a um atrito Médio) o que aponta para a necessidade de intervenções no pavimento para efeitos de manutenção do atrito.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,46	0,36	→	Amarelo	A	Médio
Média B	0,44	0,35	→	Amarelo	B	Médio
Média C	0,47	0,38	→	Amarelo	C	Médio

Figura E174 – Médias da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Nov. 2009

Dos ensaios efetuados à velocidade de 95km/h os valores das médias por terço estão, nos terços das extremidades no patamar verde (atrito Bom) e no terço central no patamar amarelo.

Quando comparados os valores das médias por terço, quer a 65km/h quer a 95km/h dos ensaios realizados nos diferentes sentidos constata-se que as diferenças entre os mesmos são inferiores a 5%, contudo, foram realizados ensaios em ambos os sentidos. (01/19 e 19/01).

					MANUTENÇÃO	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,40	0,30	→	Vermelho	A	Mau
MMMIN B	0,39	0,30	→	Vermelho	B	Mau
MMMIN C	0,37	0,29	→	Vermelho	C	Mau

BA11 01/19 NOV 2009

Apenas alinhamentos de 2m; 3m e 4m

pendas unimodais de 2m, 3m e 4m					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,43	0,30	→	Vermelho	A	Mau
MMMIN B	0,41	0,30	→	Vermelho	B	Mau
MMMIN C	0,41	0,32	→	Vermelho	C	Mau

BA11 01/19 NOV 2009 Emitir NOTAM !

Figura E175 – Médias Móveis por terço da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Nov. 2009

Quando analisados os valores das médias móveis por terço e considerando para cada terço o menor desses valores, se considerados todos os alinhamentos avaliados (2/3/4/6/9/18 do eixo de ambos os lados) têm-se, para os ensaios efetuados a 65km/h, todos os terços, no intervalo vermelho (correspondente a um atrito Mau), devido à presença de bastantes valores de média móvel neste patamar, principalmente no terço central. A 95km/h, todos os intervalos estão no patamar amarelo (atrito Médio), sendo que a predominância de valores amarelos também ocorre no terço central, nos outros dois terços para além de existirem muitos valores no patamar amarelo há também bastantes no patamar verde (atrito Bom). Caso se contemplem apenas os alinhamentos centrais da pista (2; 3 e 4m do eixo) os intervalos mantêm-se todos no patamar vermelho a 65km/h e todos no patamar amarelo a 95km/h.

Quando comparados os valores das médias por terço, com os valores das médias móveis por terço, com exceção do terço central a 95km/h, que em ambos os casos se encontra no patamar amarelo, em todos os outros casos e a ambas as velocidades, os intervalos das médias móveis estão sempre um patamar abaixo dos das médias por terço. Atendendo a que todos os terços, relativamente às médias móveis se encontram no patamar vermelho considera-se que o valor do coeficiente de atrito da pista é Mau.

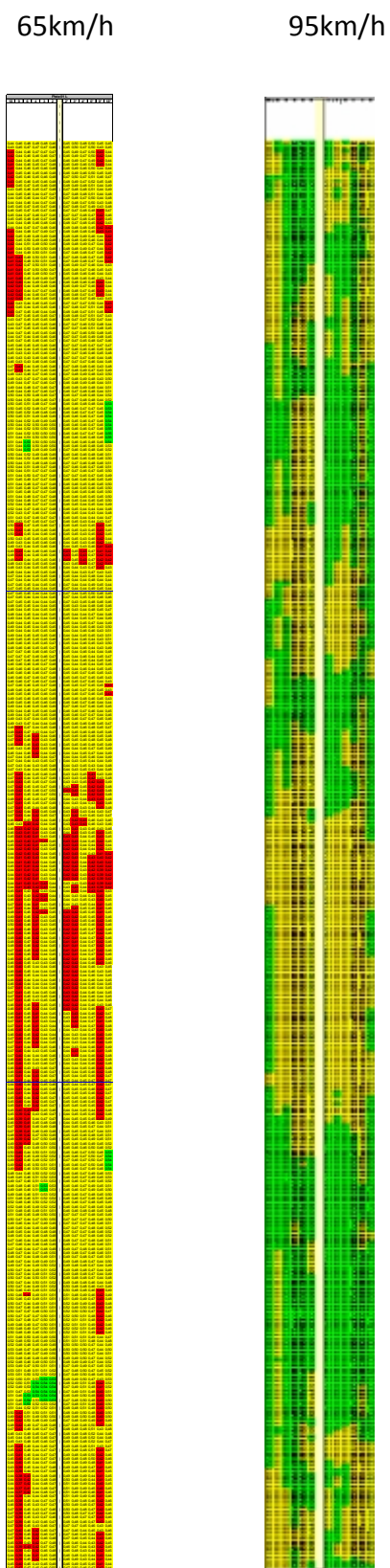


Figura E176 - Médias Móveis da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Nov. 2009

Assim sendo o sugerido para publicação, relativamente ao parâmetro do atrito é a classificação de Mau nos três terços, ao que acresce a necessidade de Emissão de NOTAM a informar que a pista se pode tornar escorregadia quando molhada.

E 10.2.2. Avaliação do atrito em contínuo pela ANA

Atendendo ao facto de esta infraestrutura militar ter sido eleita para a operação conjunta de voos civis, cujo operador é a ANA, S.A., tendo em vista a certificação do Aeródromo de Beja para a operação civil, a ANA procedeu também à avaliação do coeficiente de atrito em contínuo da pista. Esta avaliação ocorreu em abril de 2010, cerca de cinco meses após a campanha de avaliação da Força aérea e o equipamento utilizado foi o ASFT, enquanto que a Força Aérea utilizou o *Griptester*, pelo que os valores podem apresentar diferenças consideráveis.

A campanha da ANA constou de ensaios de avaliação do atrito em contínuo às duas velocidades, 65 e 95km/h, realizada no eixo, a 3; e a 10m do eixo e a 5 m da berma, de ambos os lados da pista e em ambos os sentidos, isto é: do sentido 01 para 19 e do sentido 19 para 01.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,61	0,55	→	Verde	A	Bom
Média B	0,60	0,53	→	Amarelo	B	Médio
Média C	0,62	0,56	→	Verde	C	Bom

Figura E177 – Médias da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Abr. 2010

Os resultados das médias por terço apresentados no relatório da campanha de avaliação contemplam apenas os alinhamentos central e a 3 metros do eixo, pelo que são mais conservativos do que as médias por terço quando considerados todos os alinhamentos. Considerando todos os alinhamentos, a 65km/h observa-se que a média dos terços das extremidades, assim como as médias de todos os terços no ensaio a 95km/h, estão no patamar verde, correspondente a um atrito Bom, a média do terço central a 65km/h está no patamar amarelo, atrito Médio. Se, conforme considerado no relatório da ANA, apenas se considerar o alinhamento do eixo e os alinhamentos a 3 metros deste, os resultados apontam, para invariavelmente, todos os valores a ambas as velocidades no patamar amarelo, atrito Médio.

Os resultados das médias móveis, quando considerados todos os alinhamentos avaliados a 65km/h, estão, para todos os terços no patamar vermelho, atrito Mau, a 95km/h estão todos no

patamar amarelo, atrito Médio, já se apenas considerado o alinhamento central e dos alinhamentos a 3m do eixo os valores apontam para intervalos em patamares mais favoráveis a 65km/h, que neste caso estão no patamar amarelo. A 95km/h isto apenas acontece no primeiro terço, que se considerados apenas os alinhamentos centrais, está no patamar verde (atrito Bom), enquanto os outros dois continuam no patamar amarelo, atrito Médio. Observando os gráficos das médias móveis constata-se que os valores vermelhos aparecem apenas a 65km/h e quase só no eixo, a esta velocidade a cor mais frequentemente observada é o amarelo, já a 95km/h a cor mais observada é o verde e depois há também alguns amarelos e uns azuis, mas nenhum vermelho.

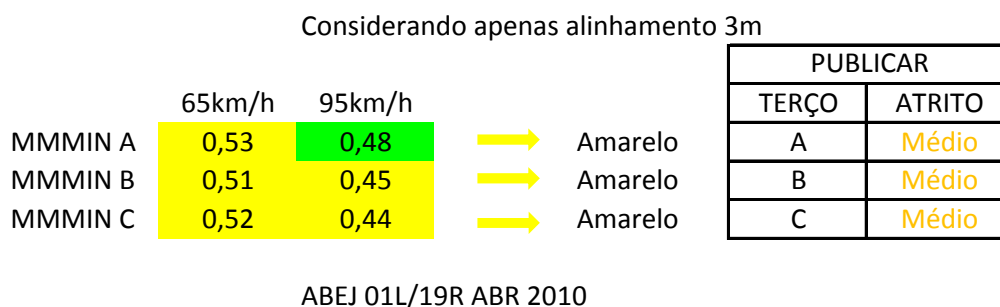
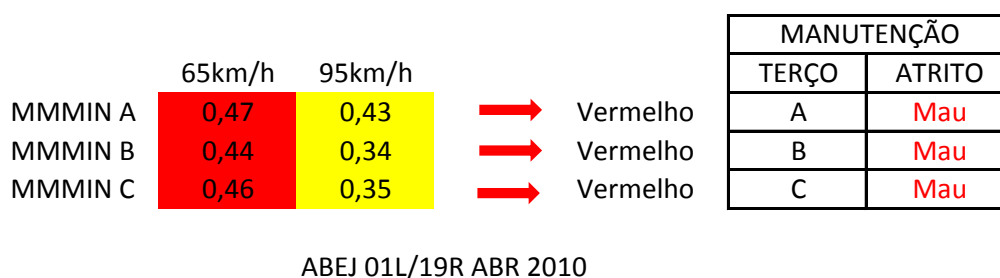


Figura E178 – Médias Móveis por terço da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Abr. 2010

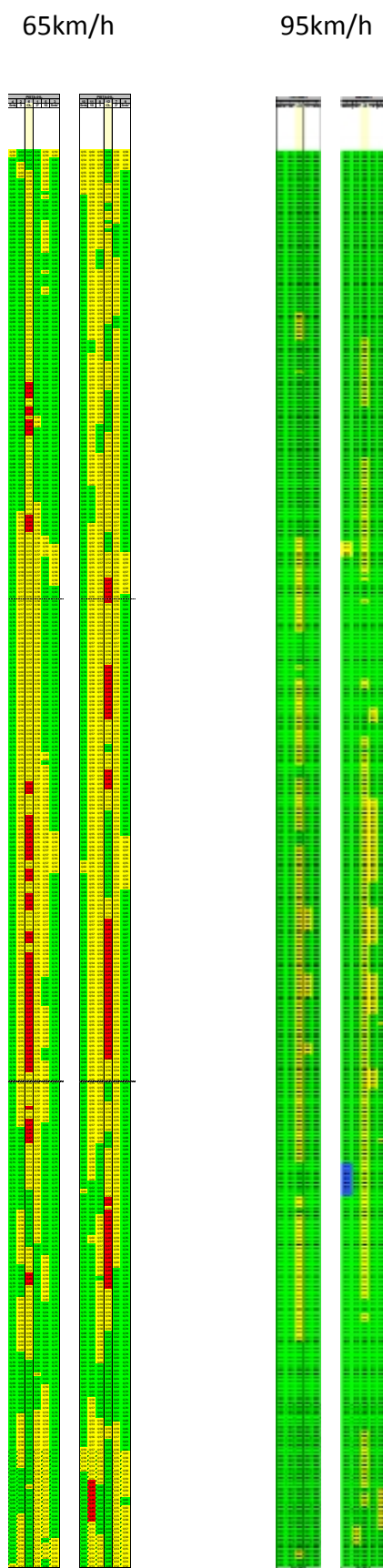


Figura E179 - Médias Móveis da Pista 01L/19R da BA11, em Beja, Abr. 2010

Quando comparados, os resultados das médias móveis são mais desfavoráveis que os resultados das médias, contudo, se considerados apenas os resultados da faixa central da pista

(não considerando o eixo), os resultados das médias móveis aproximam-se muito dos da média, todos no patamar amarelo, excetuando o valor da média móvel do primeiro terço a 95km/h que está no patamar verde. Desta forma, chega-se, para efeitos de publicação a uma classificação de atrito Médio em todos os terços. Para efeitos de manutenção, uma vez contempladas as médias móveis de todos os alinhamentos, torna-se necessária a adoção de medidas para correção dos valores do atrito. Para o efeito a ANA promoveu, no dia 22 de julho de 2012, um teste de limpeza de dois troços da pista, cada um com 100m. O coeficiente de atrito desses dois troços foi medido antes e imediatamente após a limpeza da pista.



Figura E180 – Aspeto do pavimento antes e após a limpeza

Coeficiente de atrito a 65km/h					
Antes da Limpeza			Após a Limpeza		
0,65	0,61	100	0,6	0,61	100
0,68		110	0,64		110
0,60		120	0,74		120
0,68		130	0,76		130
0,70		140	0,7		140
0,68		150	0,72		150
0,67		160	0,75		160
0,68		170	0,76		170
0,69		180	0,7		180
0,65		190	0,72		190
0,67	0,67	200	0,67	0,72	200
0,67		210	0,74		210
0,67		220	0,78		220
0,66		230	0,82		230
0,66		240	0,82		240
0,73		250	0,78		250
0,65		260	0,8		260
0,66		270	0,79		270
0,65		280	0,8		280
0,69		290	0,77		290
0,68	0,67	300	0,65	0,78	300

Figura E181 – Coeficientes de atrito antes e após o teste de limpeza realizado em Jul. 2012

Observou-se em média, após a limpeza, um aumento do coeficiente de atrito de 7% num dos troços e de 15% no outro. Estes troços já estavam no patamar verde, atrito Bom, no qual se mantiveram após a limpeza. Contudo em virtude dos resultados da última campanha de atrito e face aos resultados observados com este teste, a ANA decidiu programar a limpeza da pista recorrendo a este método.

E 10.2.3. Avaliação do atrito pontual

Os resultados da campanha realizada pela Força Aérea, apontaram para a necessidade de realizar imediatamente uma limpeza, de realizar uma intervenção ao nível da macrotextura e eventualmente, de realizar intervenções para efeitos de manutenção da microtextura, uma vez que a 95km/h os valores estão no patamar amarelo. Atendendo a esta situação, resolveu-se estudar o caso em maior profundidade, assim surgiu o tema de uma Dissertação de Mestrado “Atrito em Pavimentos Aeronáuticos – Estudo de propostas de intervenção na pista 01L-19R da BA11 - Beja do Alferes/ENGAED José Pedro Matos Romão¹⁹⁰. No âmbito da mesma foram realizados ensaios de avaliação pontual de atrito recorrendo ao ensaio de pêndulo britânico e de avaliação da macrotextura recorrendo ao ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha de areia, cujos valores também foram utilizados para o presente trabalho.

Tabela E3 - Valores de PTV da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Valores de Pêndulo Britânico (Médias 2 Sentidos)							
Distância ao eixo da pista							
Alinhamento	à esquerda do eixo			à direita do eixo			Média
	18	6	2	2	6	18	
1 [0+200]	67,5	68,6	79,2	79,2	72,7	74,9	73,7
2 [1+325]	70,3	73,0	71,3	69,8	69,7	75,5	71,6
3 [1+725]	79,0	65,1	68,0	73,2	67,4	65,0	69,6
4 [2+125]	80,4	69,4	73,0	68,0	72,0	77,6	73,4
5 [3+250]	68,6	71,5	76,9	70,2	71,5	74,6	72,2
Média	73,2	69,5	73,7	72,1	70,7	73,5	72,1

Os resultados dos ensaios efetuados com o Pêndulo Britânico apresentam valores entre um mínimo de 65 (a 18m do lado direito do eixo sensivelmente a meio da pista) e um máximo de 80 (também a 18m do lado esquerdo do eixo a cerca de 500 metros do meio da pista). Estando todos os valores acima dos 55, classificada como rugosa a muito rugosa, constata-se que não é necessário desencadear qualquer ação relativamente à microtextura, nem sequer para efeitos

¹⁹⁰ Romão, J.P. 2010

de manutenção, conforme os resultados obtidos na avaliação do atrito em contínuo a 95km/h faziam apontar. Contudo, caso seja efetuada uma limpeza da pista, também se deverá voltar a avaliar o atrito em contínuo, para além de 65km/h, a 95km/h para averiguar se a mesma tem ou não algum impacto nestes valores.

E 10.3 Textura

Os resultados dos ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha apresentam valores entre um mínimo de 0,45 (a 18m do lado direito do eixo, a 200m da soleira 01) e um máximo de 0,76 (a 2m do lado esquerdo do eixo, a 200m da soleira 19), o que sugere uma macrotextura medianamente fechada, a qual no mínimo deveria ser medianamente aberta, contudo a mesma está entre o C e o D.

Tabela E4 - Valores MTD da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Valores de Técnica Volumétrica da Mancha (MTD)							
Distância ao eixo da pista							
Alinhamento	à esquerda do eixo			à direita do eixo			Média
	18	6	2	2	6	18	
1 [0+200]	0,535	0,625	0,571	0,500	0,506	0,445	0,530
2 [1+325]	0,542	0,545	0,542	0,582	0,615	0,570	0,566
3 [1+725]	0,623	0,532	0,569	0,545	0,537	0,603	0,568
4 [2+125]	0,477	0,549	0,544	0,570	0,505	0,573	0,536
5 [3+250]	0,596	0,620	0,756	0,728	0,735	0,524	0,660
Média	0,555	0,574	0,596	0,585	0,580	0,543	0,572

E 10.4 IFI

O cálculo do IFI, foi possível devido à existência de valores obtidos pela aplicação da Técnica Volumétrica da Mancha, pelos ensaios de Pêndulo Britânico e pelos ensaios com o *Griptester*. Este índice, destinado a comparar e harmonizar as avaliações de atrito das superfícies dos pavimentos obtidas com diferentes equipamentos de medição, permite os resultados das avaliações em valores comparáveis entre si.

Assim, em continuação, apresentam-se as Tabela E5 a Tabela E14, onde constam os valores de F60 (*friction number*) calculados com os valores obtidos com o Pêndulo Britânico e com os valores obtidos com o *Griptester*, classificados por cores de acordo com a proposta da Tabela 9.

Tabela E5 - IFIs alinhamento 1, sentido 01/19 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 1 [0+200]								
Sentido 01 → 19								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,535	0,54	70,6	49,18	0,26	0,26	0,001
6m E	65	0,625	0,57	71,9	59,40	0,30	0,30	-0,001
2m E	65	0,571	0,52	77,8	53,27	0,27	0,30	0,033
2m D	65	0,500	0,50	78,9	45,20	0,23	0,26	0,033
6m D	65	0,506	0,61	76,1	45,88	0,27	0,26	-0,007
18m D	65	0,445	0,51	75,0	38,95	0,21	0,22	0,012
18m E	95	0,535	0,50	70,6	49,18	0,26	0,26	-0,001
6m E	95	0,625	0,62	71,9	59,40	0,34	0,30	-0,039
2m E	95	0,571	0,51	77,8	53,27	0,28	0,30	0,021
2m D	95	0,500	0,54	78,9	45,20	0,26	0,26	0,004
6m D	95	0,506	0,55	76,1	45,88	0,27	0,26	-0,006
18m D	95	0,445	0,47	75,0	38,95	0,21	0,22	0,008

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E6 - IFIs alinhamento 1, sentido 19/01 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 1 [0+200]								
Sentido 19 → 01								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,535	0,49	64,3	49,18	0,24	0,24	0,000
6m E	65	0,625	0,52	65,3	59,40	0,29	0,28	-0,004
2m E	65	0,571	0,56	80,6	53,27	0,28	0,31	0,028
2m D	65	0,500	0,67	79,4	45,20	0,28	0,27	-0,016
6m D	65	0,506	0,53	69,2	45,88	0,24	0,24	-0,001
18m D	65	0,445	0,50	74,4	38,95	0,21	0,22	0,014
18m E	95	0,535	0,49	64,3	49,18	0,26	0,24	-0,016
6m E	95	0,625	0,53	65,3	59,40	0,31	0,28	-0,024
2m E	95	0,571	0,51	80,6	53,27	0,28	0,31	0,030
2m D	95	0,500	0,52	79,4	45,20	0,25	0,27	0,012
6m D	95	0,506	0,42	69,2	45,88	0,22	0,24	0,019
18m D	95	0,445	0,42	74,4	38,95	0,20	0,22	0,021

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E7 - IFIs alinhamento 2, sentido 01/19 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 2 [1+325]								
Sentido 01 → 19								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,542	0,49	72,0	49,97	0,25	0,27	0,023
6m E	65	0,545	0,51	76,8	50,31	0,25	0,28	0,030
2m E	65	0,542	0,45	76,1	49,97	0,23	0,28	0,048
2m D	65	0,582	0,47	72,2	54,52	0,25	0,29	0,035
6m D	65	0,615	0,47	74,5	58,26	0,26	0,31	0,046
18m D	65	0,570	0,49	77,8	53,15	0,26	0,30	0,044
18m E	95	0,542	0,39	72,0	49,97	0,22	0,27	0,044
6m E	95	0,545	0,35	76,8	50,31	0,21	0,28	0,073
2m E	95	0,542	0,33	76,1	49,97	0,20	0,28	0,078
2m D	95	0,582	0,33	72,2	54,52	0,21	0,29	0,075
6m D	95	0,615	0,34	74,5	58,26	0,22	0,31	0,086
18m D	95	0,570	0,39	77,8	53,15	0,23	0,30	0,067

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E8 - IFIs alinhamento 2, sentido 19/01 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 2 [1+325]								
Sentido 19 → 01								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,542	0,49	68,6	49,97	0,25	0,26	0,013
6m E	65	0,545	0,47	69,2	50,31	0,24	0,26	0,021
2m E	65	0,542	0,49	66,5	49,97	0,25	0,25	0,006
2m D	65	0,582	0,49	67,3	54,52	0,26	0,27	0,012
6m D	65	0,615	0,45	64,8	58,26	0,25	0,28	0,021
18m D	65	0,570	0,44	73,1	53,15	0,24	0,28	0,047
18m E	95	0,542	0,37	68,6	49,97	0,22	0,26	0,041
6m E	95	0,545	0,38	69,2	50,31	0,22	0,26	0,040
2m E	95	0,542	0,40	66,5	49,97	0,23	0,25	0,024
2m D	95	0,582	0,38	67,3	54,52	0,23	0,27	0,040
6m D	95	0,615	0,42	64,8	58,26	0,26	0,28	0,019
18m D	95	0,570	0,37	73,1	53,15	0,22	0,28	0,060

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E9 - IFIs alinhamento 3, sentido 01/19 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 3 [1+725]								
Sentido 01 → 19								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,623	0,48	82,6	59,17	0,27	0,34	0,071
6m E	65	0,532	0,51	67,6	48,84	0,25	0,25	0,002
2m E	65	0,569	0,50	68,5	53,04	0,26	0,27	0,011
2m D	65	0,545	0,48	74,1	50,31	0,24	0,28	0,033
6m D	65	0,537	0,51	70,8	49,40	0,25	0,26	0,012
18m D	65	0,603	0,44	69,2	56,90	0,25	0,29	0,038
18m E	95	0,623	0,40	82,6	59,17	0,25	0,34	0,090
6m E	95	0,532	0,41	67,6	48,84	0,23	0,25	0,022
2m E	95	0,569	0,41	68,5	53,04	0,24	0,27	0,030
2m D	95	0,545	0,40	74,1	50,31	0,23	0,28	0,047
6m D	95	0,537	0,39	70,8	49,40	0,22	0,26	0,039
18m D	95	0,603	0,34	69,2	56,90	0,22	0,29	0,065

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E10 - IFIs alinhamento 3, sentido 19/01 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 3 [1+725]								
Sentido 19 → 01								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,623	0,47	75,3	59,17	0,26	0,31	0,050
6m E	65	0,532	0,46	62,5	48,84	0,23	0,24	0,004
2m E	65	0,569	0,45	67,4	53,04	0,24	0,27	0,025
2m D	65	0,545	0,46	72,3	50,31	0,24	0,27	0,034
6m D	65	0,537	0,56	63,9	49,40	0,27	0,24	-0,024
18m D	65	0,603	0,49	60,7	56,90	0,27	0,26	-0,009
18m E	95	0,623	0,38	75,3	59,17	0,24	0,31	0,073
6m E	95	0,532	0,32	62,5	48,84	0,20	0,24	0,039
2m E	95	0,569	0,34	67,4	53,04	0,21	0,27	0,053
2m D	95	0,545	0,33	72,3	50,31	0,20	0,27	0,067
6m D	95	0,537	0,40	63,9	49,40	0,23	0,24	0,016
18m D	95	0,603	0,41	60,7	56,90	0,25	0,26	0,009

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E11 -IFIs alinhamento 4, sentido 01/19 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 4 [2+125]								
Sentido 01 →19								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,477	0,49	84,9	42,59	0,22	0,27	0,047
6m E	65	0,549	0,50	73,9	50,77	0,25	0,28	0,026
2m E	65	0,544	0,48	76,4	50,20	0,24	0,28	0,039
2m D	65	0,570	0,50	67,0	53,15	0,26	0,27	0,006
6m D	65	0,505	0,46	76,6	45,77	0,22	0,26	0,040
18m D	65	0,573	0,47	75,7	53,49	0,25	0,29	0,045
18m E	95	0,477	0,36	84,9	42,59	0,19	0,27	0,072
6m E	95	0,549	0,36	73,9	50,77	0,22	0,28	0,062
2m E	95	0,544	0,39	76,4	50,20	0,22	0,28	0,057
2m D	95	0,570	0,35	67,0	53,15	0,22	0,27	0,049
6m D	95	0,505	0,33	76,6	45,77	0,19	0,26	0,069
18m D	95	0,573	0,35	75,7	53,49	0,22	0,29	0,076

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

-

Tabela E12 -IFIs alinhamento 4, sentido 19/01 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 4 [2+125]								
Sentido 19 →01								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,477	0,44	75,8	42,59	0,21	0,24	0,038
6m E	65	0,549	0,51	64,8	50,77	0,25	0,25	-0,005
2m E	65	0,544	0,49	69,5	50,20	0,25	0,26	0,015
2m D	65	0,570	0,53	68,9	53,15	0,27	0,27	0,002
6m D	65	0,505	0,54	67,4	45,77	0,25	0,24	-0,009
18m D	65	0,573	0,48	79,5	53,49	0,25	0,31	0,053
18m E	95	0,477	0,30	75,8	42,59	0,18	0,24	0,068
6m E	95	0,549	0,37	64,8	50,77	0,22	0,25	0,031
2m E	95	0,544	0,37	69,5	50,20	0,22	0,26	0,044
2m D	95	0,570	0,41	68,9	53,15	0,24	0,27	0,031
6m D	95	0,505	0,42	67,4	45,77	0,22	0,24	0,014
18m D	95	0,573	0,39	79,5	53,49	0,23	0,31	0,073

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E13 -IFIs alinhamento 5, sentido 01/19 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 5 [3+250]								
Sentido 01 → 19								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,596	0,45	69,1	56,11	0,25	0,28	0,034
6m E	65	0,620	0,40	72,0	58,83	0,24	0,30	0,065
2m E	65	0,756	0,47	77,4	74,28	0,30	0,37	0,072
2m D	65	0,728	0,44	68,6	71,10	0,28	0,33	0,048
6m D	65	0,735	0,43	71,5	71,90	0,28	0,34	0,065
18m D	65	0,524	0,44	76,5	47,93	0,22	0,27	0,049
18m E	95	0,596	0,40	69,1	56,11	0,24	0,28	0,040
6m E	95	0,620	0,36	72,0	58,83	0,23	0,30	0,070
2m E	95	0,756	0,37	77,4	74,28	0,26	0,37	0,108
2m D	95	0,728	0,32	68,6	71,10	0,24	0,33	0,093
6m D	95	0,735	0,33	71,5	71,90	0,24	0,34	0,100
18m D	95	0,524	0,33	76,5	47,93	0,20	0,27	0,074

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E14 -IFIs alinhamento 5, sentido 19/01 da Pista 01L/19R da BA11, em Beja

Alinhamento 5 [3+250]								
Sentido 19 → 01								
Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
18m E	65	0,596	0,45	68,0	56,11	0,25	0,28	0,030
6m E	65	0,620	0,45	70,9	58,83	0,26	0,30	0,042
2m E	65	0,756	0,46	76,3	74,28	0,29	0,37	0,073
2m D	65	0,728	0,46	71,7	71,10	0,29	0,34	0,051
6m D	65	0,735	0,45	71,5	71,90	0,29	0,34	0,056
18m D	65	0,524	0,43	72,4	47,93	0,22	0,26	0,041
18m E	95	0,596	0,34	68,0	56,11	0,22	0,28	0,060
6m E	95	0,620	0,32	70,9	58,83	0,22	0,30	0,083
2m E	95	0,756	0,35	76,3	74,28	0,25	0,37	0,113
2m D	95	0,728	0,33	71,7	71,10	0,24	0,34	0,100
6m D	95	0,735	0,34	71,5	71,90	0,25	0,34	0,096
18m D	95	0,524	0,36	72,4	47,93	0,21	0,26	0,052

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Da comparação dos valores de IFI obtidos com o *Griptester* a 65km/h e o Pêndulo Britânico, observa-se que em 83% dos casos os valores de F60 obtidos com os dados do Pêndulo Britânico são superiores aos obtidos com os dados do *Griptester*, relativamente à comparação dos valores de IFI obtidos com o *Griptester* a 95km/h e o Pêndulo Britânico observa-se que em 92% dos casos os valores de F60 obtidos com os dados do Pêndulo Britânico são superiores aos obtidos com os dados do *Griptester*, pelo que se conclui que em ambos os casos os valores de IFI obtidos com os resultados do *Griptester* são mais conservativos.

Pode observar-se que 92% dos valores do IFI obtidos com os resultados do *Griptester* a 65km/h; 65% dos valores do IFI obtidos com os resultados do *Griptester* a 95km/h e que 97% dos valores do IFI obtidos com os resultados do Pêndulo Britânico, são Muito Bons.

Se comparados os valores do IFI calculados a 65km/h e a 95km/h, observa-se que no último caso os valores são ligeiramente inferiores. A 95km/h, 65% dos valores são Muito Bons, a 65km/h, 92% dos valores são Muito Bons.

Quando considerados todos os valores de IFI calculados, observa-se que o menor valor de F60 é igual a 0,18 (Bom) e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o *Griptester*, a 95km/h, a 4m da berma esquerda da pista, no pk 2+125 e que o maior valor de F60 é igual a 0,37 (Ótimo), e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o Pêndulo Britânico, 2m à esquerda do eixo, no pk 3+250.

Na generalidade os valores de IFI resultantes das avaliações do atrito da Pista 01L/19R da Base Aérea n.º11, em Beja oscilam entre o Bom e o Ótimo.

E 10.5 Irregularidade

Não foram realizadas quaisquer campanhas de avaliação deste parâmetro pelo que se desconhecem as características da pista relativamente ao mesmo. Assim, não se pode afirmar que se cumpram as determinações do Anexo 14 relativamente à irregularidade. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 10.6 Contaminação

As conclusões do estudo apontam para que a pista, esteja bastante contaminada especialmente ao longo do eixo, quer pelos resultados das avaliações do atrito em contínuo, bem mais desfavoráveis a 65km/h do que a 95km/h, se bem que a esta última velocidade também não sejam bons. Esta situação é confirmada pelos resultados das avaliações da macrotextura, a qual aponta para uma classificação de medianamente fechada, que também conduz a resultados piores a 65km/h e pelos resultados da avaliação pontual do atrito, que apontam para uma microtextura rugosa a muito rugosa e por isso, comparativamente, os resultados a 95km/h são melhores.

E 10.7 Publicação e ações a desenvolver

Neste caso em particular, como tinham sido efetuados ensaios, com outro equipamento, e entre as duas campanhas não foram desenvolvidas quaisquer medidas para melhoria do coeficiente atrito, não é expectável que o valor tenha efetivamente melhorado conforme os resultados querem fazer apontar. Complementarmente já passaram dois anos, assim será mais conservativo adotar, para efeitos de publicação a classificação de Mau para todos os terços e proceder à emissão de um NOTAM e a uma operação de limpeza, conforme já decidido pela ANA, a realizar tão cedo quanto possível, após a qual se deverá desenvolver nova campanha de avaliação do atrito.

A periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e das campanhas de remoção de borracha deverá ser respeitada, isto é, no mínimo o coeficiente de atrito deve ser avaliado em contínuo uma vez por ano e agendadas campanhas de remoção de borracha de dois em dois anos, caso os valores do atrito confirmem a sua necessidade. Esta periodicidade pode ainda não ser suficiente para garantir valores de coeficiente de atrito aceitáveis e nesse caso poderá ter que ser estabelecida uma periodicidade mais curta.

E 11. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA BASE AÉREA N.º 5, EM MONTE REAL

E 11.1 Diagnóstico

E 11.1.1. Dados históricos Pista 01/19 da Base Aérea n.º5 em Monte Real



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E182 – Vista em planta da BA5, Monte Real

De acordo com informação disponível na Direção de Infraestruturas da FAP a Pista 01/19, de orientação Sul/Norte, da Base Aérea n.º 5 em Monte Real foi construída, nos meados da década de 60, em pavimento flexível constituído por um enrocamento arrumado à mão, binder betuminoso e betão betuminoso de desgaste.

Posteriormente, na década de 90, visando a receção das aeronaves F-16 e eliminar o problema de hidroplanagem, no ano de 1993, a pista foi alvo de obras profundas que consistiram na correção do perfil transversal da pista, inicialmente em hélice, passou a duas águas. Para que tal fosse possível foi realizado um enchimento com binder betuminoso, com espessuras variáveis na secção transversal, que em alguns locais atingiu os 90cm. Sobre essa camada foi construída uma laje em betão de cimento. Depois disso a pista apenas foi alvo de intervenções nas juntas.

Os momentos mais significativos da vida da Pista 01/19 da Base Aérea n.º 5 em Monte Real são os apresentados no cronograma da Figura E183.

Ano	Intervenções
Década de 50	- Construção da Pista 01/19, com orientação Norte/Sul, em pavimento flexível constituído por uma camada de enrocamento arrumado à mão, binder betuminoso e betão betuminoso de desgaste
1959	- Inauguração da Base Aérea
1993	- Correção do perfil transversal da pista para um perfil a duas águas e construção de um pavimento em betão de cimento sobre o pavimento flexível.

Figura E183 – Cronograma da vida da Pista 01/19 da Base Aérea n.º 5, em Monte Real

E 11.1.2. Condições atmosféricas

1971-2000

MONTE REAL/BASE AÉREA (640) Lat: 39°50'N; Lon: 08°53'W; Alt: 32m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Média da Temperatura Média Diária (°C)	9.6	10.7	12.3	13.4	15.5	18.2	20	20.1	19.1	16.2	12.8	10.8	14.9
Média da Temperatura Máxima Diária (°C)	14.3	15.3	17.3	18.1	19.8	22.8	24.9	25.1	24.4	21.1	17.4	15.1	19.6
Média da Temperatura Mínima Diária (°C)	4.9	6.1	7.2	8.9	11.1	13.8	15.2	15.1	13.9	11.3	8.2	6.5	10.2
Maior valor da Temperatura Máxima Diária (°C)	21.2	21.4	23.3	24.6	25.7	28.3	29.9	30.5	29.1	24.0	21.4	21.0	28.3
Data	26/1980	27/1987	30/1980	25/1984	20/1974	14/1981	10/1981	02/1987	06/1980	01/1980	05/1981	06/1985	14/1981
Menor valor da Temperatura Máxima Diária (°C)	15	8.6	5.0	10.1	11.3	15.0	17.1	19.0	16.1	13.8	10.8	8.4	15
Data	03/1971	15/1980	03/1971	12/1974	06/1985	05/1977	07/1977	11/1972	26/1982	27/1978	25/1971	26/1975	03/1971
Maior valor da Temperatura Mínima Diária (°C)	14.3	15.2	15.9	18.1	21.1	23.2	23.3	21.0	20.0	18.0	15.1	12.1	21.2
Data	02/1971	15/1985	11/1981	15/1983	05/1985	27/1980	18/1981	03/1987	13/1988	11/1987	20/1985	15/1988	27/1988
Menor valor da Temperatura Mínima Diária (°C)	-5.6	-4.0	-2.6	0.0	3.8	6.0	8.6	8.4	4.4	-1.2	-7.5	-4.0	-5.6
Data	10/1984	10/1984	10/1983	16/1979	10/1982	14/1979	26/1981	25/1986	28/1974	31/1974	27/1971	24/1979	10/1980

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E184 – Temperaturas de Monte Real, entre 1971 e 2000

Monte Real, apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -5.6°C e um máximo de 42,3°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

1971-2000

MONTE REAL/BASE AÉREA (640) Lat: 39°50'N; Lon: 08°53'W; Alt: 32m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (mm)	101.2	92.9	59.7	72.6	64	23.6	8.5	10.6	36	92.7	110.8	118.1	790.7
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (mm)	40.9	49.1	45.4	51.5	51.8	50.7	21.4	21.4	45.4	54.3	51.6	66.8	66.8
Data	06/1984	01/1986	18/1984	04/2000	31/1988	01/1988	04/1988	08/1986	25/1987	28/1978	12/1978	30/1988	30/1988
Número médio de dias com:													
RR≥ 0.1mm	14.5	14.5	12.5	14.4	11.9	8.2	5.6	5.0	8.2	13.3	14.0	15.8	137.9
RR≥ 1mm	11.3	10.7	8.4	10.1	8.2	4.4	1.7	2.0	4.5	9.6	10.5	11.6	93.0
RR≥ 10mm	3.5	3.2	1.8	2.2	2.1	0.6	0.2	0.2	0.9	3.2	4.1	4.3	26.3

RR=Quantidade de Precipitação Diária (09-05 UTC).

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E185 – Precipitação de Monte Real, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 790,7mm, o maior valor de precipitação diária foi 66,8mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 93.

E 11.1.3. Tráfego na Pista 01/19

A pista de Monte Real, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 11.000, que se traduz num número médio de 30 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 01/19 é da ordem dos 70/30. O maior número de aterragens acontece na Pista 01, em média com 11 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 11.1.4. Características geométricas da Pista 01/19

A Pista 01/19 da Base Aérea n.º 5, em Monte Real, tem 2.459m de comprimento, 45m de largura e bermas de 7,5m. A Pista 01 tem um prolongamento de aceleração travagem de 263m de comprimento e 30 m de largura, a Pista 19 tem um prolongamento de aceleração travagem de 270m de comprimento e 32 m de largura, o perfaz uma extensão de pista pavimentada de 2.992m.

- O primeiro trainel, a montante da soleira 01, com 300m de comprimento tem uma inclinação longitudinal média de 0,7%;
- O segundo trainel da Pista 01/19, compreendido entre a soleira 01 e o km 0+906m tem uma inclinação longitudinal média de 0,5%;
- O terceiro trainel da Pista 01/19, compreendido entre a soleira o km 0+906m e o km 1+616m tem uma inclinação longitudinal média de -0,35%;
- O quarto trainel da Pista 01/19, compreendido entre a soleira o km 1+616m e o km 1+926m tem uma inclinação longitudinal média de 0,18%;
- O quinto trainel da Pista 01/19, compreendido entre a soleira o km 1+926m e o km 2+389m tem uma inclinação longitudinal média de -0,7%;
- O sexto trainel, a montante da soleira 19, com 263m de comprimento tem uma inclinação longitudinal média de 0,85%.

O perfil transversal da pista é constituído por duas águas, que descem do eixo para a berma da pista, com 1,2% de inclinação.

E 11.1.5. Constituição do pavimento da Pista 01/19

A pista é constituída por um pavimento em betão de cimento, cuja laje tem 22,5cm de espessura e está assente sobre um pavimento flexível inicialmente existente e com espessuras variáveis, que por sua vez assenta sobre um enrocamento arrumado à mão.

E 11.2 Atrito

Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 01/19 de Monte Real, realizada pelo Laboratório do GEAFa em dezembro de 2009, observa-se que os resultados da avaliação efetuada a 65km/h, das médias por terço, apontam para valores de Coeficiente de atrito Bom, todos no patamar verde, estando mesmo alguns terços, em alguns dos alinhamentos, no patamar azul, atrito Muito Bom. Os resultados da avaliação efetuada a 95km/h apresentam-se no primeiro terço no patamar azul e nos outros dois no patamar verde. Ainda em termos de médios por terço, quando comparados os resultados dos ensaios efetuados nos diferentes sentidos, não há diferenças superiores a 5%.

Médias por terço				
	65km/h	95km/h		
Média A	0,66	0,65	→	Verde
Média B	0,65	0,61	→	Verde
Média C	0,65	0,58	→	Verde

PUBLICAR	
TERÇO	ATRITO
A	Bom
B	Bom
C	Bom

Figura E186 – Médias da Pista 01/19 da BA5, em Monte Real, Dez. 2009

Analisando as médias móveis referentes aos ensaios efetuados a 65km/h, tem-se, quer considerando todos os alinhamentos (1,5/3/4,5/6/9/12/18m), quer apenas os alinhamentos centrais (1,5; 3 e 4,5m do eixo), uma classificação que resulta num atrito Médio nos terços das extremidades (patamar amarelo) e num atrito Mau (patamar vermelho) no terço central. Contudo, se observados os gráficos de cores, há alguns vermelhos e alguns amarelos, mas a maioria está no verde. A 95km/h, os 1º e 2º terços, quando analisados todos os eixos apresentam uma classificação de atrito Bom (patamar verde) e o 3.º terço uma classificação de atrito Médio (patamar amarelo). Caso apenas se considerem os alinhamentos centrais, todos os terços estão no patamar verde, correspondente a um atrito Bom. Note-se que se observados os gráficos de cor, há alguns amarelos, ainda que poucos, alguns azuis (especialmente no 1º terço) e a grande maioria verde.

	65km/h				MANUTENÇÃO	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,45	0,45	→	Amarelo	A	Médio
MMMIN B	0,35	0,45	→	Vermelho	B	Mau
MMMIN C	0,48	0,34	→	Amarelo	C	Médio

BA5 01/19 DEZ 2009

Apenas alinhamentos de 1,5m; 3m e 4,5m						
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,45	0,48	→	Amarelo	A	Médio
MMMIN B	0,35	0,49	→	Vermelho	B	Mau
MMMIN C	0,48	0,43	→	Amarelo	C	Médio

BA5 01/19 DEZ 2009 Emitir NOTAM !

Figura E187 – Médias Móveis por terço da Pista 01/19 da BA5, em Monte Real, Dez. 2009

Os valores das médias por terço apontam para valores no patamar verde, com exceção do 1.º terço a 95km/h que está mesmo no patamar azul, conduzindo assim à classificação de atrito Bom em todos os terços, divergem dos obtidos quando considerada a média móvel que aponta para um atrito Médio dos terços das extremidades e atrito Mau no terço central.

Assim, para efeitos de publicação o que se propõe é que se publique são as classificações obtidas do cálculo das médias móveis, atrito Médio nos terços das extremidades e atrito Mau no terço central e que, complementarmente, se publique um NOTAM a divulgar que no terço central o pavimento se pode tornar escorregadio quando molhado.

Da análise dos resultados, seja em termos de média por terço, seja em termos de média móvel por terço infere-se que o problema está relacionado com a macrotextura/contaminação/drenagem e não com a microtextura, a qual deverá ser bastante boa atentando aos valores dos ensaios realizados à velocidade mais elevada.

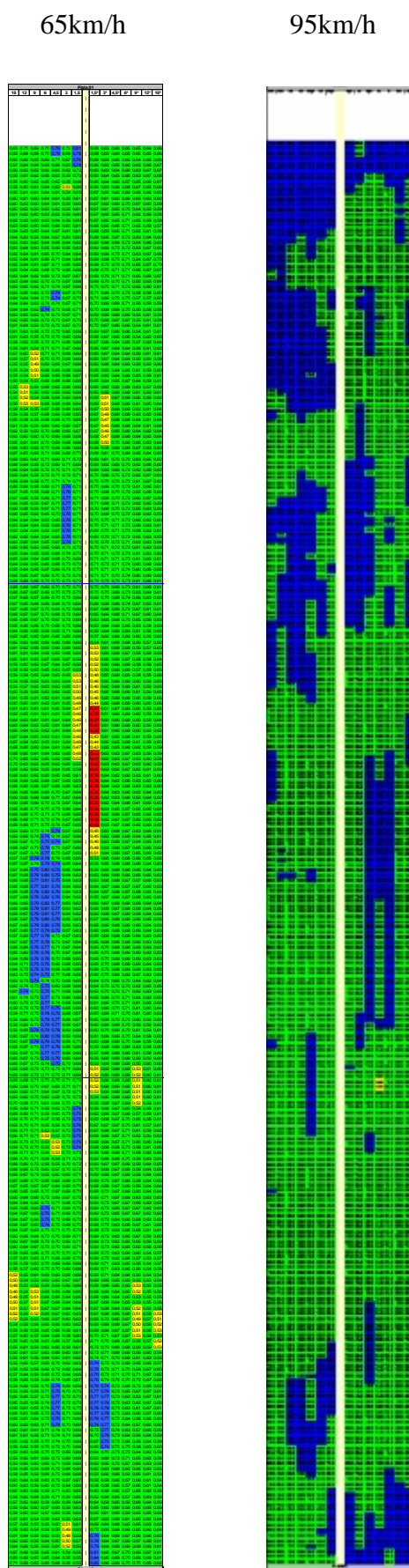


Figura E188 - Médias Móveis da Pista 01/19 da BA5, em Monte Real, Dez. 2009

E 11.3 Outros parâmetros: textura; irregularidade e contaminação

Não há avaliações de outros parâmetros, nem de textura, nem de irregularidade, nem de contaminação. De entre estes três parâmetros que se desconhecem, o que suscita maior preocupação é o da irregularidade, pois uma vez desconhecido o mesmo não é possível afirmar que se cumprem as determinações do Anexo 14 a si respeitantes. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 11.4 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 01/19 do da Base Aérea n.º5, em Monte Real, é Médio no 1.º e no 3.º terços e Mau no 2.º terço. Complementarmente deverá ser emitido um NOTAM a informar que o 2.º terço da pista de Monte Real se pode tornar escorregadio quando molhado.

E deverá ser agendada uma campanha de limpeza da pista a qual deverá incidir com especial ênfase no 2.º terço da pista ao longo da faixa central. Para efeitos de confirmação de problemas com a macrotextura/contaminação/drenagem, após essa campanha de limpeza, poderão ser realizados ensaios de Pêndulo Britânico.

A periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e das campanhas de remoção de borracha deverá ser respeitada, isto é, no mínimo o coeficiente de atrito deve ser avaliado em contínuo uma vez por ano e agendadas campanhas de remoção de borracha de dois em dois anos, caso os valores do atrito confirmem a sua necessidade. Esta periodicidade pode ainda não ser suficiente para garantir valores de coeficiente de atrito aceitáveis e nesse caso poderá ser estabelecida uma periodicidade mais curta.

E 12. AVALIAÇÃO DA BASE AÉREA Nº 6, NO MONTIJO

E 12.1 Diagnóstico

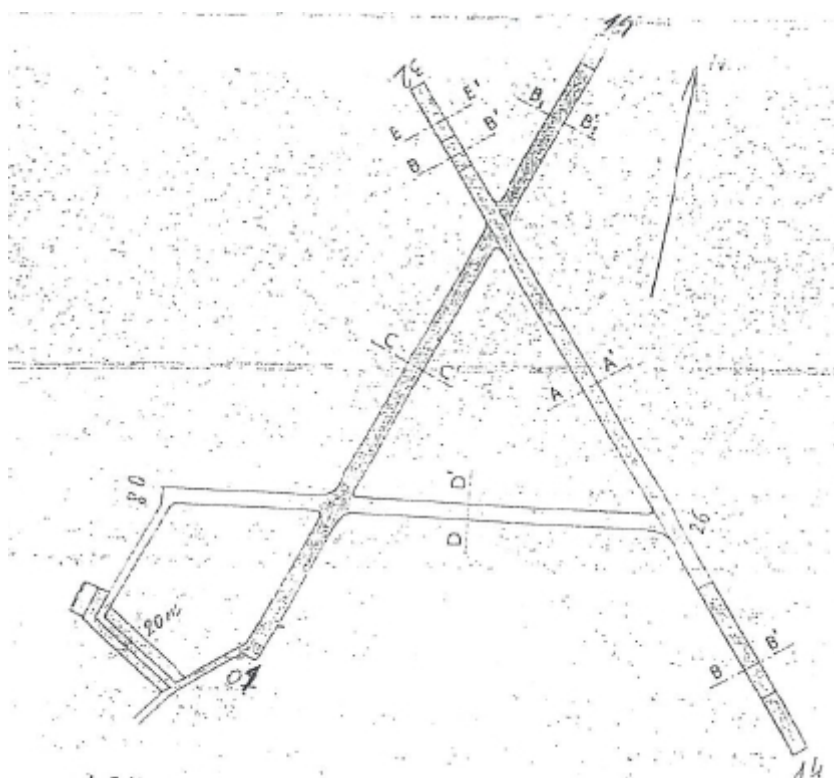
E 12.1.1. Dados históricos da Base Aérea n.º 6 no Montijo



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E189 – Vista em planta da BA6, no Montijo

De acordo com informação disponível na Direção de Infraestruturas da FAP a Pista 01/19, de orientação Sul/Norte, da Base Aérea n.º 6 no Montijo foi construída, em betão betuminoso, na década de 50. Na mesma altura foram também construídas outras duas pistas a 08/26, de orientação Oeste/Este, em solo-cimento com rega superficial de betuminoso e a 14/32, de orientação Noroeste/Sudeste, em betão betuminoso, um caminho de ligação da Pista 01 à Pista 08 o qual também acedia a uma placa de estacionamento, conforme a imagem da Figura E190.



Fonte: Acervo histórico da Direção de Infraestruturas da FAP

Figura E190 - Levantamento sobre a constituição dos pavimentos da BA6 em 1955

Posteriormente, na década de 80 o pavimento da Pista 01/19 foi alvo de recarga.

Mais recentemente, em 2005 a Pista 01/19 foi repavimentada, tendo em vista o incremento da sua capacidade de carga. Esta obra constou de uma recarga com uma camada de enchimento com 8cm, uma camada de regularização de 8cm e uma camada de desgaste de 6cm.

A Pista 08/26, de orientação Oeste/Este, da Base Aérea n.º 6 no Montijo foi construída, em solo-cimento com rega superficial de betuminoso, na década de 50. Na mesma altura foram também construídas outras duas pistas a 01/19, orientação Sul/Norte, em betão betuminoso e a 14/32, orientação Noroeste/Sudeste, também em betão betuminoso, bem como um caminho de ligação da Pista 01 à Pista 08 o qual também acedia a uma placa de estacionamento, conforme a imagem da Figura E190.

Posteriormente, na década de 60 a Pista 08/26 foi alvo de uma reconstrução e de uma ampliação, sendo que sobre o solo-cimento se construiu um pavimento rígido constituído por lajes em betão de cimento com 7,5mx7,5m, com 28cm de espessura, nesta altura foi também construído um caminho de circulação paralelo a esta pista, também em betão de cimento e dotado de placas de dispersão e as placas de estacionamento Norte. Esta obra foi executada com financiamento da NATO, a quem estas infraestruturas passaram a pertencer. Face à presença de elevada percentagem de fissuração e perda de capacidade de carga do troço inicial da Pista 08, em 1985 o mesmo foi objeto de reconstrução, pelo que este troço difere bastante da remanescente parte da pista quer pela diferença de idades, quer pela diferença das dimensões das lajes, quer pela diferença das inclinações transversais, bem como pela diferença das capacidades de carga. Os momentos mais significativos da vida da Pista 08/26 da Base Aérea n.º 6 no Montijo são os apresentados no cronograma da Figura E191.

Ano	Intervenções
Década de 50	<ul style="list-style-type: none"> - Construção da Pista 01/19, com orientação Sul/Norte, em betão betuminoso em betão betuminoso, com 2.187m de comprimento e 45m de largura - Construção da Pista 14/32, com orientação Noroeste/Sudeste, em betão betuminoso - Construção da Pista 08/26, com orientação Oeste/Este, em solo-cimento - Construção de um caminho de ligação da Pista 01 à Pista 08 - Construção de placa de estacionamento junto do caminho de circulação
Década de 60	<ul style="list-style-type: none"> - Recarga da Pista 01/19 em betão betuminoso - Reconstrução de Pista 08/26, em betão de cimento, e ampliação da mesma para 2.448m de comprimento - Construção do caminho de circulação paralelo à Pista 08/26, dotado de placas de dispersão - Construção das placas de estacionamento Norte.
1985	- Reconstrução dos 912m iniciais da Pista 08.
2004	-Interdição da Pista 08/26 para utilização por parte de aeronaves a reação
2005	-Recarga da Pista 01/19 com 22cm de betão betuminoso

Figura E191 – Cronograma da vida da Base Aérea n.º 6, no Montijo

E 12.1.2. Condições atmosféricas

1971-2000

MONTIJO/BASE AÉREA (534)

Lat.: 38°42'N; Lon.:09°03'W; Alt.:14m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Média da Temperatura Média Diária (°C)													
	10.1	11.8	13.7	15.0	17.4	20.4	22.8	22.8	21.2	17.7	14.0	11.4	18.8
Média da Temperatura Máxima Diária (°C)													
	14.7	16.2	18.6	19.7	22.2	25.8	28.6	28.7	26.8	22.6	18.3	15.6	21.4
Média da Temperatura Mínima Diária (°C)													
	5.8	7.2	8.6	10.2	12.4	14.8	16.6	16.8	16.6	12.7	9.4	7.3	11.4
Maior valor da Temperatura Máxima Diária (°C)													
	21.0	25.0	28.6	29.8	37.5	39.5	43.2	39.0	39.0	33.2	27.4	23.8	43.2
Data	27/1980	27/1987	23/1991	09/1995	21/1974	13/1981	24/1985	04/1982	05/1988	01/1980	01/1995	01/1985	24/07/1995
Menor valor da Temperatura Máxima Diária (°C)													
	6.0	8.8	9.0	11.4	14.4	17.4	20.0	20.4	16.8	11.4	10.0	7.2	6.0
Data	09/1975	12/1991	03/1990	03/1989	02/1978	03/1984	04/1982	26/1993	17/1996	22/1987	13/1996	15/1975	09/01/1975
Maior valor da Temperatura Mínima Diária (°C)													
	15.0	15.0	18.0	18.4	20.0	20.8	22.2	22.4	21.0	19.2	19.0	17.0	22.4
Data	01/1996	25/1983	11/1999	30/1997	05/1995	13/2000	12/1974	22/1980	13/1986	25/1996	01/1995	15/1999	22/06/1980
Menor valor da Temperatura Mínima Diária (°C)													
	-4.0	-2.0	-0.4	3.4	4.8	8.0	10.8	11.0	8.5	1.6	-0.5	-2.0	-4.0
Data	02/1971	03/1981	03/1993	07/1975	01/1972	06/1983	19/1972	25/1978	23/1989	31/1974	01/1974	26/1994	02/01/1971

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E192 – Temperaturas do Montijo, entre 1971 e 2000

O Montijo, apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -4°C e um máximo de 43,2°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

1971-2000

MONTIJO/BASE AÉREA (534)

Lat.: 38°42'N; Lon.:09°03'W; Alt.:14m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (mm)													
	71.0	55.0	35.8	51.8	44.3	15.2	3.2	3.8	24.6	57.3	81.8	97.1	540.7
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (mm)													
	73.3	32.4	28.7	48.8	38.8	26.8	25.0	15.4	49.2	95.7	105.5	60.5	105.5
Data	31/1994	25/1987	10/1975	09/1987	17/1996	04/1971	04/1988	29/1987	19/1999	31/1993	30/1993	30/1981	30/11/1993
Número médio de dias com:													
RR≥ 0.1mm	11.8	10.6	8.3	11.9	9.2	4.8	1.7	2.0	5.4	9.3	12.1	13.3	100.4
RR≥ 1mm	9.3	7.2	5.6	7.7	6.1	2.4	0.5	0.7	3.4	6.2	8.3	10.2	67.6
RR≥ 16mm	2.6	1.6	1.3	1.9	1.4	0.5	0.1	0.1	0.7	1.8	3.2	3.7	18.9

RR=Quantidade de Precipitação Diária (09-09 UTC).

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E193 – Precipitação do Montijo, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 540,7mm, o maior valor de precipitação diária foi 105,5mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 67.

E 12.2 Pista 01/19

E 12.2.1. Tráfego na Pista 01/19

A Pista 01/19 do Montijo, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 6.000, que se traduz num número médio de 16 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 01/19 é da ordem dos 90/10. O maior número de aterragens acontece na Pista 01, em média com 7 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 12.2.2. Características geométricas da Pista 01/19

A Pista 01/19 da Base Aérea n.º 6, no Montijo, tem 2.187m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m.

- O primeiro trainel, da soleira 01 ao km 1+480m, tem uma inclinação longitudinal média de 0,5%. O seu perfil transversal é constituído por duas águas, que descem do eixo para a berma, com 1% de inclinação;
- O segundo trainel, compreendido entre o km 1+480m e o km 1+780m, tem uma inclinação longitudinal média de -0,3%. O seu perfil transversal é constituído por duas águas, que descem do eixo para a berma, com 0,6% de inclinação;
- O terceiro trainel, compreendido entre o km 1+780m e o fim da pista, tem uma inclinação longitudinal média de 0%. O seu perfil transversal é constituído por duas águas, que descem do eixo para a berma, com 0,8% de inclinação.

E 12.2.3. Constituição do pavimento da Pista 01/19

A pista é constituída por um pavimento em betão betuminoso, composto por uma sub-base em saibro com 35cm; uma base em macadame com 25cm e uma camada de regularização e enchimento em betão betuminoso de 22cm e uma camada de desgaste de 6cm.

E 12.3 Atrito da Pista 01/19

Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 01/19 do Montijo, realizada pelo Laboratório do GEAFa em fevereiro de 2010, observa-se que os resultados das avaliações efetuadas a 65km/h e a 95km/h, das médias por

terço, apontam para valores de coeficiente de atrito Muito Bom, todos no patamar azul. Quando comparados os valores das médias por terzo, dos ensaios efetuados nos diferentes sentidos, tem-se para os ensaios realizados a 65km/h diferenças da ordem dos 7,4% e para os ensaios realizados a 95km/h diferenças entre os 1,25% e os 9.3%.

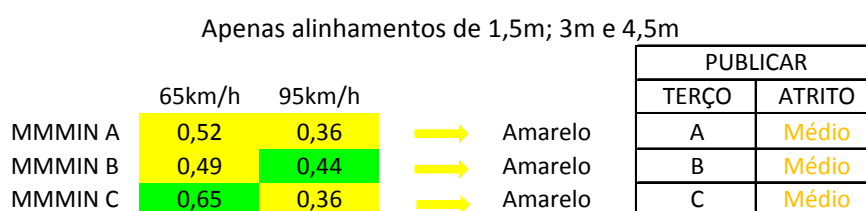


Figura E194 – Médias da Pista 01/19 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

Analisando as médias móveis referentes aos ensaios efetuados a 65km/h considerando todos os alinhamentos (1,5/3/4,5/6/9/12/18m), tem-se que nos terços das extremidades o coeficiente de atrito é Mau (patamar vermelho) e que no terzo central o coeficiente de atrito é Médio (patamar amarelo) isto não obstante no terzo central se observarem poucos amarelos e predominarem os verdes e mesmo os azuis e de nos terços das extremidades também existirem muitos valores no patamar amarelo. Quando apenas considerados os alinhamentos centrais (1,5; 3 e 4,5m do eixo) o patamar mais desfavorável que se observa, em qualquer um dos terços a qualquer das velocidades é o amarelo, isto não obstante se observarem muitos valores de média móvel, especialmente no terzo central, no patamar azul. O que resulta num atrito Médio em todos os terços.



BA6 01/19 FEV 2010



BA6 01/19 FEV 2010

Figura E195 – Médias Móveis por terzo da Pista 01/19 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

65km/h

95km/h

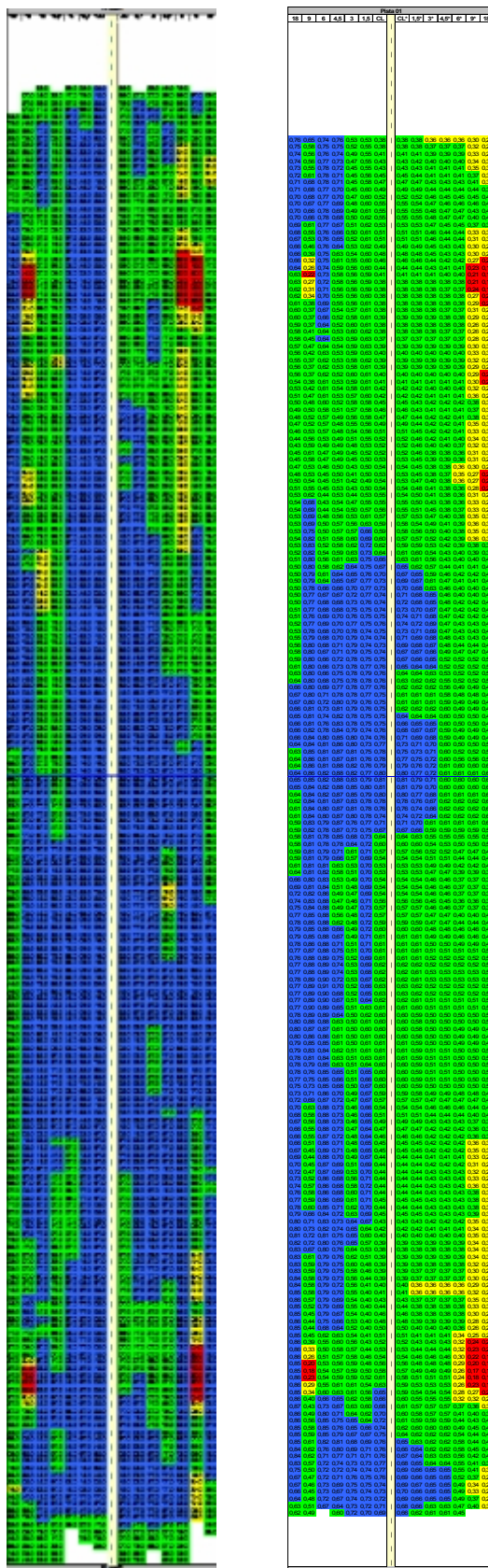


Figura E196 - Médias Móveis da Pista 01/19 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

E 12.4 Outros parâmetros Pista 01/19: textura; irregularidade e contaminação

Não há avaliações de outros parâmetros, nem de textura, nem de irregularidade, nem de contaminação. De entre estes três parâmetros que se desconhecem, o que suscita maior preocupação é o da irregularidade, pois uma vez desconhecido o mesmo não é possível afirmar que se cumprem as determinações do Anexo 14 a si respeitantes. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 12.5 Publicação e ações a desenvolver, Pista 01/19

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 01/19 do da Base Aérea n.º6, no Montijo, é Médio em todos os terços, no entanto, se analisados os terços em termos de médias móveis contemplando todos os alinhamentos avaliados chegam a observar-se alguns valores de média móvel no patamar vermelho, atrito Mau. Estes valores apontam portanto para a necessidade de correção que passará pela limpeza e se possível pela realização de ensaios de Pêndulo Britânico e de Técnica Volumétrica da Mancha, que visem a deteção de eventuais problemas da macro e da microtextura, para além dos problemas associados à necessidade de limpeza da pista.

Para efeitos de publicação o que se propõe é que se publiquem as classificações obtidas do cálculo das médias móveis, atrito Médio em todos os terços. Para efeitos de manutenção deverão, no mínimo, ser desencadeadas operações de limpeza. Desejavelmente dever-se-iam fazer ensaios de Pêndulo Britânico e de Técnica Volumétrica da Mancha, bem como novos ensaios de avaliação do atrito em contínuo, a duas velocidades, após a campanha de limpeza da pista. A periodicidade das campanhas de avaliação do coeficiente de atrito e das campanhas de remoção de borracha deverá ser respeitada, isto é, no mínimo o coeficiente de atrito deve ser avaliado em contínuo uma vez por ano e agendadas campanhas de remoção de borracha de dois em dois anos, caso os valores do atrito confirmem a sua necessidade. Esta periodicidade pode ainda não ser suficiente para garantir valores de coeficiente de atrito aceitáveis e nesse caso poderá ser estabelecida uma periodicidade mais curta.

A irregularidade da pista é um parâmetro a avaliar assim que possível.

E 12.6 Pista 08/26

E 12.6.1. Tráfego na Pista 08/26

A Pista 08/26 do Montijo, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 5.000, que se traduz num número médio de 14 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 08/26 é da ordem dos 05/95. O maior número de aterragens acontece na Pista 26, em média com 7 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 12.6.2. Características geométricas da Pista 08/26

A Pista 08/26 da Base Aérea n.º 6, no Montijo, tem 2.448m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m. A Pista 26 tem um prolongamento de aceleração travagem de 73m de comprimento e 45m de largura. Na totalidade a extensão pavimentada da pista são 2.521m.

- O primeiro troço da Pista 08, compreendido entre a soleira 08 e o km 0+912m (do início da pista até ao cruzamento com a Pista 14/32) tem uma inclinação longitudinal média de 0,36%. Transversalmente é composto por duas águas com inclinação transversal de 0,8% descendente para o exterior da pista;
- O segundo troço, compreendido entre o km 0+912 e o km 2+440 tem uma inclinação longitudinal média de 0,5%. O perfil transversal é composto por duas águas
- com inclinações descendentes do eixo para berma de 1,5%.

E 12.6.3. Constituição do pavimento da Pista 08/26

O primeiro troço da Pista 08, compreendido entre a soleira 08 e o km 0+912m (do início da pista até ao cruzamento com a Pista 14/32) é constituído por lajes de 5,0mx5,0m, com 28cm de espessura as quais estão assentes sobre o antigo pavimento (lajes com 28cm de espessura, assentes sobre uma base de solo estabilizado com cimento com 25cm de espessura).

O segundo troço, compreendido entre o km 0+912 e o km 2+440 é constituído por lajes de 7,5mx7,5m, com 28cm de espessura, assentes sobre uma base de solo estabilizado com cimento com 25cm de espessura. As dimensões das lajes estão no limite do recomendado pela

FAA, que estabelece para lajes com 30cm de espessura larguras máximas de 7,5m, aconselhavelmente devendo adotar larguras entre os 5 e os 6m.

E 12.7 Atrito da Pista 08/26

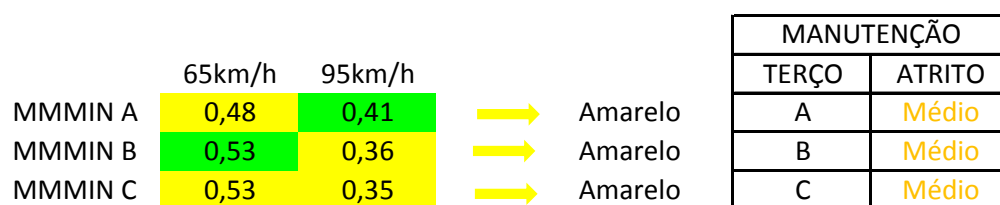
Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 08/26 do Montijo, realizada pelo Laboratório do GEAFa em fevereiro de 2010, observa-se que os resultados das avaliações efetuadas a 65km/h e a 95km/h, das médias por terço, apontam para valores de coeficiente de atrito Bom, todos no patamar verde. Quando comparados os valores das médias por terço, dos ensaios efetuados nos diferentes sentidos, observam-se diferenças significativas, especialmente para os ensaios realizados a 95km/h. Esta situação é de tal forma invulgar que suscita que se questione a possibilidade de ter ocorrido um erro na denominação do terço, ou seja, que os terços possam ter sido trocados. Uma vez que leva a pensar que num dos casos o primeiro terço é efetivamente o que começa na soleira 08, mas que no outro caso chamam primeiro terço ao terço que começa na soleira 26. Esta possibilidade de troca, para se confirmar, necessitaria de uma análise especial, a qual poderia consistir numa entrevista aos operadores que realizaram o ensaio.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,66	0,59	→	Verde	A	Bom
Média B	0,63	0,48	→	Verde	B	Bom
Média C	0,61	0,45	→	Verde	C	Bom

Figura E197 – Médias da Pista 08/26 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

Analisando as médias móveis referentes aos ensaios efetuados a 65km/h, tem-se que nos terços das extremidades o coeficiente de atrito é Médio (patamar amarelo) e que no terço central o coeficiente de atrito é Bom (patamar verde), quer quando considerados todos os alinhamentos, quer quando apenas considerados os alinhamentos centrais, isto não obstante quando observados os gráficos de cor, aparecerem muito poucos amarelos, muito poucos azuis e a grande maioria serem verdes. Dos ensaios a 95km/h, nos terços das extremidades, quer se considerem todos os alinhamentos, quer apenas se considerem os alinhamentos centrais. O primeiro terço apresenta um atrito Bom, o terceiro apresenta um atrito médio. O terço central, caso se considerem todos os alinhamentos apresenta um atrito Médio, mas se apenas se considerarem os alinhamentos centrais apresenta um atrito Bom. A classificação que advém dos valores das médias móveis por terço aponta para um atrito Médio nos terços das extremidades e para um atrito Bom no terço central, não obstante de neste caso, quando

observados os gráficos de cor se verem muito poucos amarelos, alguns azuis e a grande maioria serem verdes.



BA6 08/26 FEV 2010

Apenas alinhamentos de 1,5m; 3m e 4,5m



BA6 08/26 FEV 2010

Figura E198 – Médias Móveis por terço da Pista 08/26 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

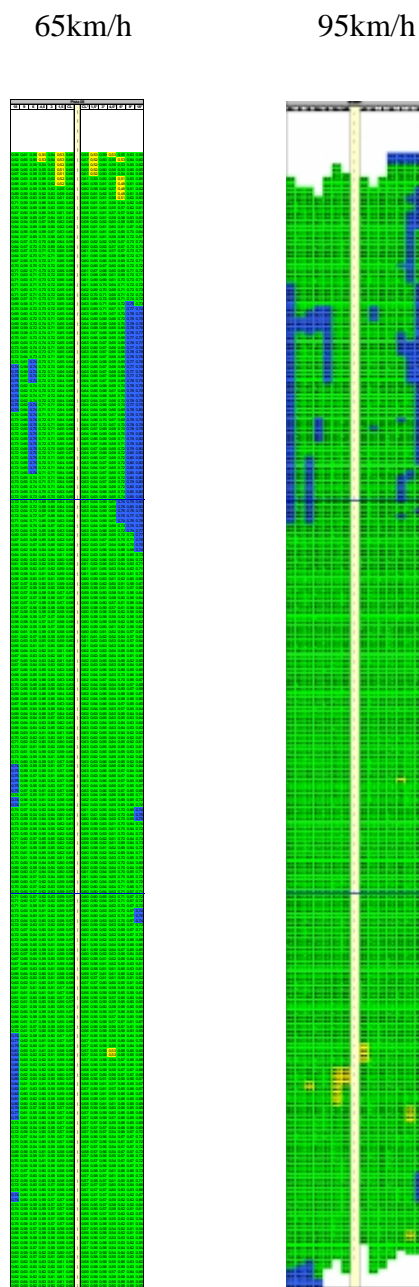


Figura E199 - Médias Móveis da Pista 08/26 da BA6, no Montijo, Fev. 2010

E 12.8 Outros parâmetros Pista 08/26: textura; irregularidade e contaminação

Não há avaliações de outros parâmetros, nem de textura, nem de irregularidade, nem de contaminação. De entre estes três parâmetros que se desconhecem, o que suscita maior preocupação é o da irregularidade, pois uma vez desconhecido o mesmo não é possível afirmar que se cumprem as determinações do Anexo 14 a si respeitantes. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 12.9 Publicação e ações a desenvolver, Pista 08/26

As diferenças entre os valores médios e os valores das médias móveis por terço residem apenas, em termos de classificação, nos terços das extremidades, A e C. No terço central, B,

são coincidentes. Assim para efeitos de publicação o que se propõe é que se publiquem as classificações obtidas do cálculo das médias móveis, atrito Médio nos terços das extremidades e atrito Bom no terço central.

Uma vez que os valores amarelos, que dão origem à classificação de atrito Médio, nos terços das extremidades são muito poucos, não há motivos de preocupação quanto a este parâmetro nem a necessidade de adoção de quaisquer medidas, pelo menos a curto prazo, até serem necessários novos ensaios, quer pelo número de movimentos observados quer pelo tempo entretanto decorrido.

A irregularidade da pista é um parâmetro a avaliar assim que possível.

E 13. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO AERÓDROMO DE MANOBRA N.º 1, EM OVAR

E 13.1 Diagnóstico

E 13.1.1. Dados históricos AM1, Ovar

O Aeródromo de Manobra n.º 1, Maceda-Ovar, foi construído na década de 50¹⁹¹ o mesmo destinava-se a ser uma Base NATO destinada a aeronaves de caça e de patrulhamento marítimo, pelo que esta entidade financiou a obra. O *layout* era sensivelmente o da atualidade com uma pista principal, um caminho de circulação paralelo e quatro caminhos de circulação entre os dois, os quais também dão origem a duas áreas de placas de dispersão, Norte e Sul que se desenvolvem ao longo dos caminhos de circulação conforme observável na Figura E200.



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E200 – Vista em planta do AM1, em Ovar

Nessa altura a pista com orientação norte/sul tinha a designação 01-19, contudo, face à variação da declinação magnética a mesma tem agora a designação 18-36. A designação de Aeródromo de manobra, em detrimento de Base Aérea deve-se ao facto de na unidade não estarem atribuídos meios aéreos permanentes.

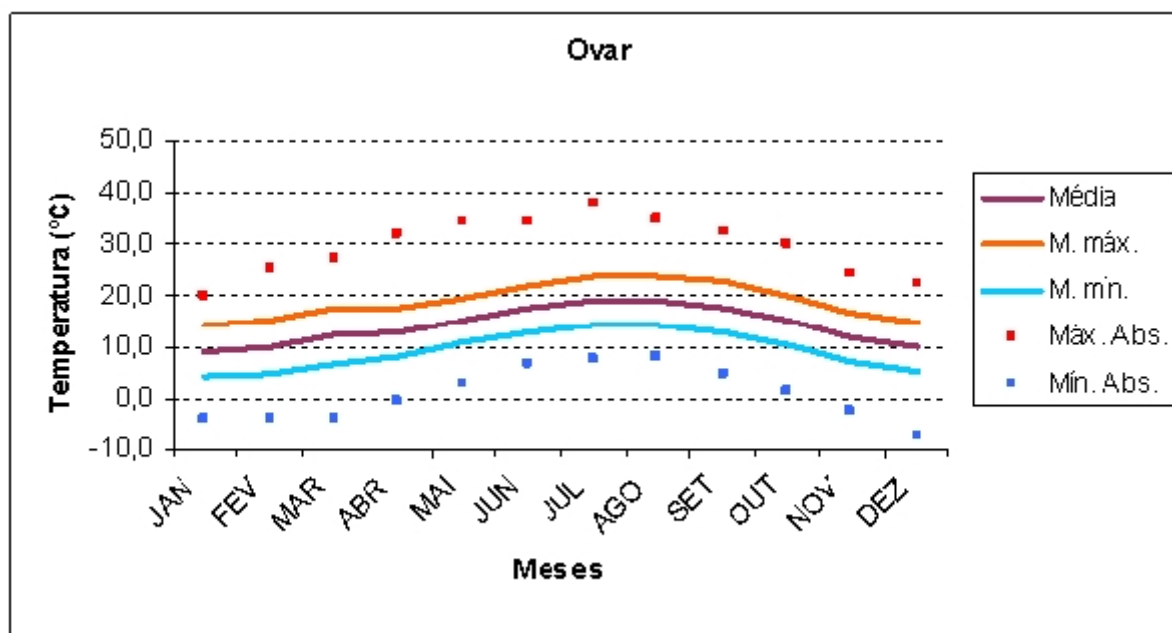
Os momentos mais significativos da vida do Aeródromo de Manobra n.º 1 são os apresentados no cronograma da Figura E201.

¹⁹¹ LNEC, 1987, Características Superficiais Pista (AM1)

Ano	Intervenções
Década de 50	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de pista em betão de cimento, com orientação norte/sul, 100°-190° [19-01] com 2.440m de comprimento e 45m de largura - Construção caminho de circulação paralelo, com o mesmo comprimento da pista. - Construção de caminhos de ligação entre pista e caminho de circulação paralelo. - Construção de caminhos Norte e Sul bem como de placas de dispersão de aeronaves ao longo dos mesmos.

Figura E201 – Cronograma da vida do Aeródromo de Manobra n.º 1, em Ovar

E 13.1.2. Condições atmosféricas



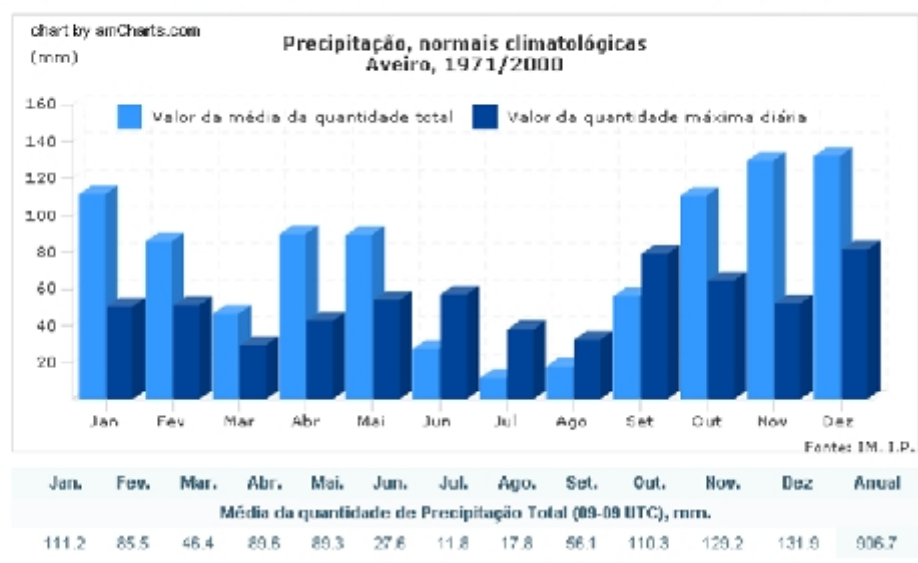
Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E202 – Temperaturas de Ovar, entre 1990 e 2002

Ovar, apresentou, entre 1990 e 2002, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de - 7,3°C e um máximo de 38°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente julho.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS 71-00 - AVEIRO, UNIVERSIDADE

Estação: climatológica, Número: 102, Localização: Lat.: 40°38'N; Lon.: 08°39'W; Alt.: 5m. Período de funcionamento: 01-



	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (09-09 UTC), mm.													
	111.2	85.5	46.4	89.5	89.3	27.6	11.8	17.8	56.1	110.3	129.2	131.9	906.7
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (09-09 UTC), mm.													
Maior valor	50.5	51.0	29.5	42.5	54.0	57.0	36.0	32.4	79.0	64.4	52.2	81.2	81.2
Data	05/10/66	28/10/61	26/10/67	14/20/00	12/10/82	20/10/88	04/10/88	27/10/97	28/10/88	06/10/94	07/10/82	22/10/97	22/12/1997
Número médio de dias com Precipitação:													
Diária (09-09 UTC) >= 0,1mm	13.0	12.0	9.9	14.1	12.1	5.9	3.6	3.7	7.3	13.1	14.5	15.1	124.3
Diária (09-09 UTC) >= 1mm	11.4	10.0	6.8	11.5	10.3	4.3	2.1	2.4	5.4	10.3	11.8	12.6	98.9
Diária (09-09 UTC) >= 10mm	4.1	3.2	1.4	3.3	3.2	0.5	0.4	0.5	1.7	4.2	4.6	4.9	32.4

Fonte: www.meteopt.com ; consultada a 12/06/2012

Figura E203 – Precipitação de Aveiro, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada em Aveiro, a 30km de Ovar, no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 906,7mm, o maior valor de precipitação diária foi 81,2mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 99.

E 13.1.3. Tráfego na Pista 18/36

A pista de Ovar, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 3.500, que se traduz num número médio de 10 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 18/36 é da ordem dos 20/80. O maior número de aterragens acontece na Pista 36, em média com 4 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 13.1.4. Características geométricas da Pista 18/36

A pista do Aeródromo de Manobra n.º 1, atualmente designada 18/36, devido a alterações procedentes da variação da declinação magnética, tem 2.440m de comprimento, 45m de largura mais bermas de 7,5m.

- O primeiro trainel, com 810m de comprimento é em patamar, com uma inclinação longitudinal média de 0%;
- O segundo trainel, com 1065m tem uma inclinação longitudinal média de 0,24%;
- O terceiro trainel, com 220m tem uma inclinação longitudinal média de 0,39%;
- O quarto trainel, com 345m tem uma inclinação longitudinal média de 0,02%;

Transversalmente é composto por duas águas com inclinação descendente do eixo para a berma igual a 1,5%, sendo que as bermas mantêm essa inclinação transversal.

E 13.1.5. Constituição do pavimento da Pista 18/36

A pista, assim como os caminhos de circulação consta de um pavimento rígido, em lajes de betão de cimento com 7,5mx7,5m assentes sobre o terreno de fundação¹⁹².

Pista e caminhos de circulação:

Pavimento rígido:

- Lajes em betão de cimento com 7,5mx7,5m, com 30cm de espessura;

E 13.2 Atrito

E 13.2.1. Avaliação do atrito em contínuo

Analisados os dados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito realizada pelo GEAFA em abril de 2009 observa-se que os valores das médias por terço, quer dos ensaios efetuados à velocidade de 65km/h, quer dos ensaios efetuados à velocidade de 95km/h, se encontram no intervalo verde, correspondente a um atrito Bom.

¹⁹² LNEC, 1987, Características Superficiais Pista (AM1)

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,67	0,52	→	Verde	A	Bom
Média B	0,70	0,52	→	Verde	B	Bom
Média C	0,68	0,54	→	Verde	C	Bom

Figura E204 – Médias da Pista 18/36 do AM1, em Ovar, Abr. 2009

Quando analisados os valores das médias móveis por terço e considerando para cada terço o menor desses valores, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/4,5/6/9/12/15/18m do eixo, de ambos os lados) tem-se, para os ensaios efetuados a 65km/h, no último terço um intervalo amarelo, correspondente a um atrito Médio, devido à presença de alguns valores de média móvel neste patamar, ainda que poucos. Para os outros dois terços, 1.º e 2.º o intervalo estará no patamar verde, a 95km/h todos os intervalos se encontram no patamar verde. Caso se contemplem apenas os alinhamentos centrais da pista (1,5/3 e 4,5m do eixo) todos os intervalos se encontram no patamar verde.

					MANUTENÇÃO	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,56	0,38	→	Verde	A	Bom
MMMIN B	0,59	0,42	→	Verde	B	Bom
MMMIN C	0,51	0,38	→	Amarelo	C	Médio

AM1 18/36 ABR 2009

Alinhamentos de 1,5 a 4,5m					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
MMMIN A	0,56	0,39	→	Verde	A	Bom
MMMIN B	0,59	0,42	→	Verde	B	Bom
MMMIN C	0,58	0,44	→	Verde	C	Bom

AM1 18/36 ABR 2009

Figura E205 – Médias Móveis por terço da Pista 18/36 do AM1, em Ovar, Abr. 2009

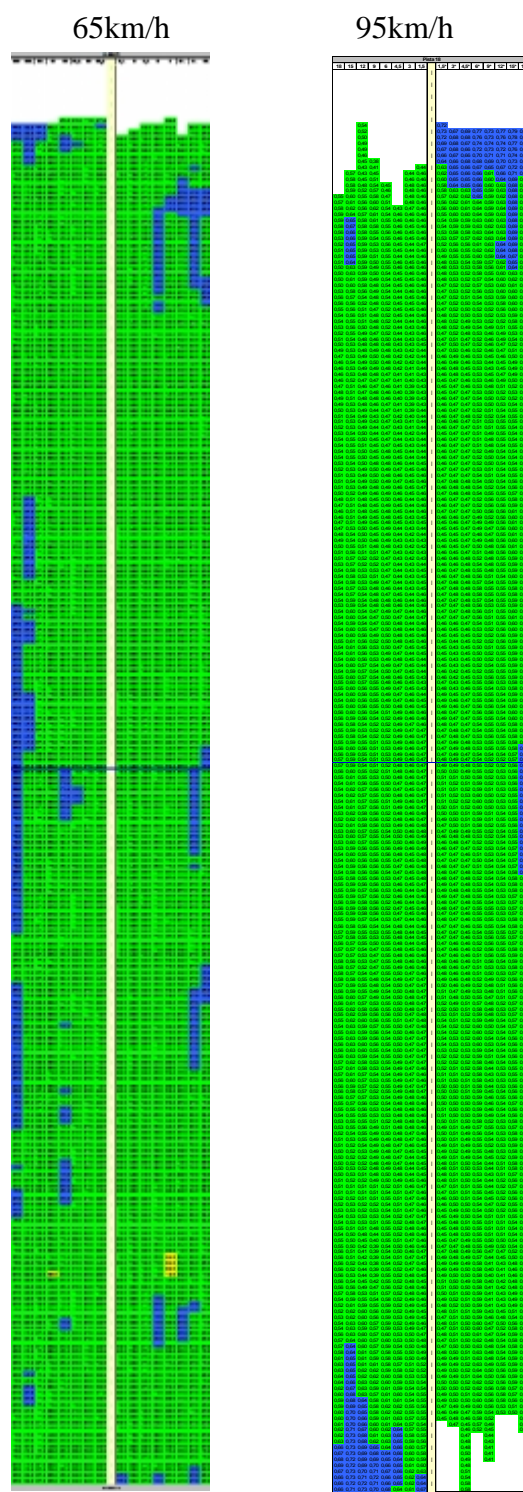


Figura E206 - Médias Móveis da Pista 18/36 do AM1, em Ovar, Abr. 2009

Quando comparados os valores das médias por terço, com os valores das médias móveis por terço referentes aos alinhamentos centrais tem-se que ainda que os valores das médias sejam ligeiramente superiores, os intervalos em si estão no mesmo patamar, o patamar verde o que indica que o valor do coeficiente de atrito da pista é Bom.

Assim, o sugerido para publicação, relativamente ao parâmetro do atrito é a classificação de Bom nos três terços. Não obstante esta classificação, como este foi o caso que deu origem a

este e a outro estudo, como posteriormente se passará a explicar, complementarmente à campanha de avaliação do atrito em contínuo, foram adicionalmente realizados ensaios de avaliação pontual de atrito recorrendo ao ensaio de pêndulo britânico e de avaliação da macrotextura recorrendo ao ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha de areia.

E 13.2.2. Avaliação do atrito pontual

Os resultados dos ensaios efetuados como pêndulo britânico apresentam valores entre um mínimo de 59 (a 5m da berma na soleira 36) e um máximo de 78. A microtextura classifica-se como rugosa a muito rugosa. Estando todos os valores acima dos 55, não é necessário desencadear qualquer ação relativamente à microtextura e confirma os bons resultados obtidos na avaliação do atrito em contínuo a 95km/h.

Tabela E15 Valores de PTV, da Pista 18/36 do AM1, em Ovar

Localização		PTV [mm]		Descrição	PTV [mm]		Descrição
		Sentido 36-18	PTV		Sentido 36-18	PTV	
Soleira 36	1,5m do eixo	82	78	Presença de borracha	71	68	
		74			65		
	5m da berma	59	59		66	66	
Zona de Toque	1,5m do eixo	69	69	Marcação degradada	86	77	
		68			68		
Centro da Pista	1,5m do eixo	67	65		62	64	
		63			65		
	5m da berma	78	78		62	62	
Zona de Toque	1,5m do eixo	69	66		61	62	
		63			62		
Soleira 18	1,5m do eixo	54	60	Marcação intacta	66	66	
		65		Marcação degradada	65		
	5m da berma	60	60		69	69	

E 13.2.3. Avaliação do atrito antes e depois das campanhas de limpeza

Acontecimentos relacionados com o reporte de incidentes na pista de Ovar em 2008, segundo os quais o problema se poderia dever a insuficiências na travagem das aeronaves e consequentemente à falta de atrito da pista, conduziram ao desenvolvimento de uma campanha de avaliação do coeficiente de atrito, realizada em março desse ano a qual, segundo as conclusões do seu relatório¹⁹³ considerou que a pista se encontrava em boas condições no respeitante ao coeficiente de atrito, e por confirmou as suspeitas dos utilizadores. Foi esta situação que despertou o interesse neste estudo. Atendendo a urgir e ser necessária uma explicação para os acontecimentos a autora propôs-se e iniciou o desenvolvimento do presente estudo e propôs a uma estudante, no âmbito da sua dissertação de Mestrado, cujos resultados poderiam ser mais imediatos, e em tempo útil fornecer algumas explicações. Esse estudo realizado pela Engenheira Mariana Monteiro¹⁹⁴ para obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares Aeronáuticas, especialidade de Engenharia de Aeródromos no Instituto Superior Técnico, intitulado “Perspetivas de Interpretação dos Ensaios de Avaliação do Coeficiente de Atrito” passou pela formulação de duas hipóteses iniciais, pelo estudo de caso que teve por base o desenvolvimento de um conjunto de medidas destinadas à avaliação funcional do Aeródromo de Manobra n.º1 em Ovar e pela redação de conclusões, fases que seguidamente se passam a resumir.

O estudo formulou como hipótese principal “A avaliação do atrito disponível não é suficiente para a caracterização superficial da pista relativamente ao coeficiente de atrito”

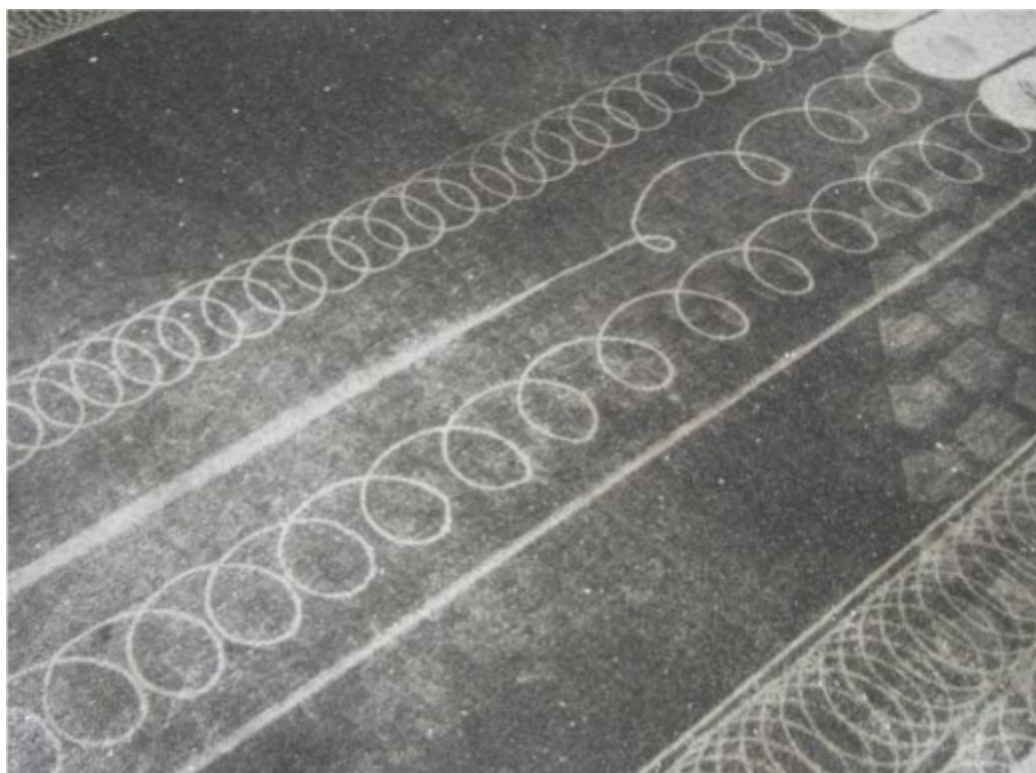
Formulou como hipótese adicional “A macrotextura e/ou microtextura não pode ser avaliada em testes realizados apenas a uma velocidade”.

Para testar essas hipóteses o estudo desenvolveu campanhas de avaliação do atrito da Pista 18/36 e do caminho de circulação paralelo à pista. Dessas campanhas constaram ensaios de avaliação de atrito em contínuo, com *Griptester*, ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha, para avaliação da macrotextura e ensaios de pêndulo britânico para avaliação do coeficiente de atrito de forma pontual.

¹⁹³ FAP - GEAF, 2008

¹⁹⁴ Monteiro, M., 2009

Os trabalhos começaram pela recolha de informação e dados existentes, com especial enfoque para os relatórios de avaliação do coeficiente de atrito disponíveis. Os resultados dos ensaios a 65km/h da anterior campanha de 26 de março de 2008, realizada depois dos incidentes na pista, apontavam para valores médios por terço de 0,63; 0,65 e 0,63, todos no patamar verde (atrito Bom) que concluía que a pista se encontrava em boas condições relativamente ao coeficiente de atrito, o que não refletia nem a opinião dos utilizadores nem a observação visual da pista.



Fonte: Monteiro, M, 2009, pág.57

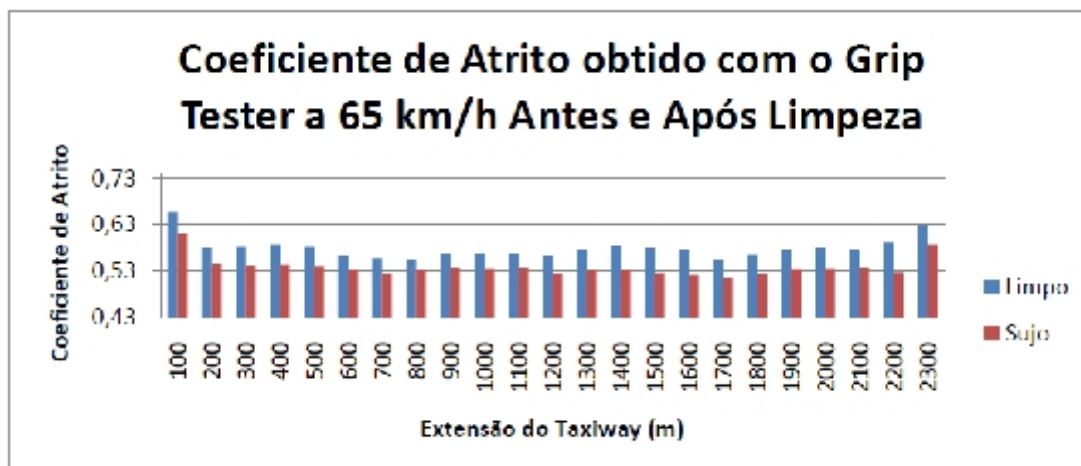
Figura E207 – Aspeto da limpeza da Pista 18/36 do AM1

Esse estudo planeou então a campanha de avaliação de atrito da pista para o mês de abril de 2009. Contudo quando a equipa chegou a Ovar confrontou-se com o facto de, tendo em vista a melhoria da condição da pista, a mesma ter sido limpa, situação esta que ainda que muito adequada para a resolução de eventuais problemas ou para a prevenção de acidentes, inviabilizou a hipótese de realizar avaliações antes e depois da limpeza, quer para aferir o estado da pista antes da limpeza quer para medir a diferença antes e após a limpeza da pista. Esta constatação surgiu logo no início da campanha de inspeção visual à pista, na qual se observou um pavimento, de um modo geral, muito bom, sem sinais de degradação superficial, sem depressões suscetíveis de favorecimento de acumulação de água e com reduzida percentagem de superfície pintada.

Considerando esta situação, que impossibilitou o teste da hipótese principal desse estudo, uma vez que a pista estava limpa, o programa de avaliação foi reformulado e passou, em complemento à avaliação da pista (realizada no final de abril de 2009), pela avaliação do caminho de circulação paralelo (em meados de maio de 2009). Caminho este que se mandou limpar, recorrendo à mesma metodologia de limpeza que tinha sido feita na pista ainda que apenas numa faixa central do caminho, quer por razões de economia de meios, recursos e tempo, quer porque nos caminhos de circulação o tráfego é muito mais canalizado do que na pista. Depois voltou a avaliar-se o caminho, em outubro de 2009.

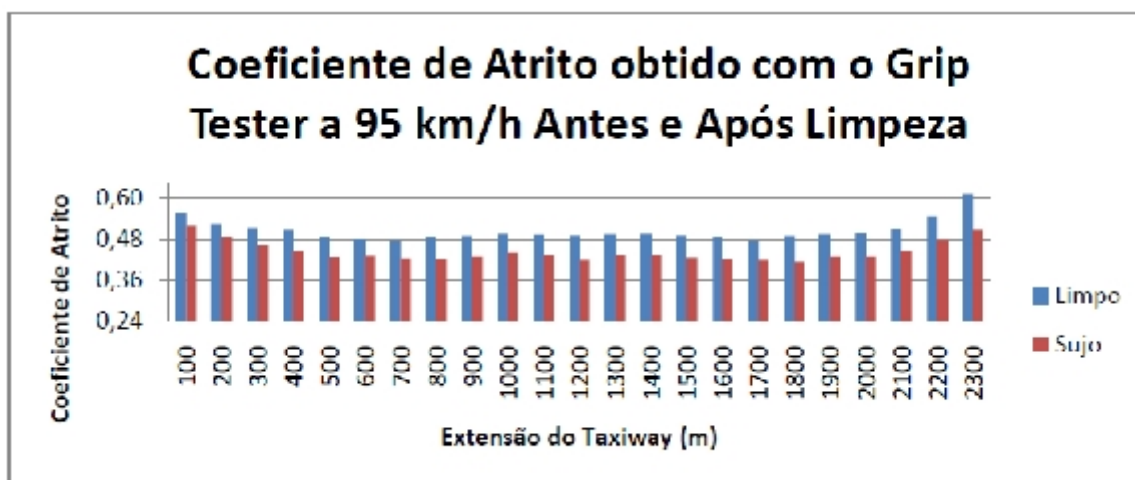
Posteriormente esse estudo fez a comparação dos valores do coeficiente de atrito em contínuo do caminho antes e depois da limpeza e passou por admitir que a mesma variação seria a que também ocorreu na pista. Assim, e de modo inverso, estimou qual o valor do atrito da pista antes da limpeza. Essa estimativa foi realizada com base na extrapolação do valor do coeficiente de atrito antes da pista, obtido através da subtração do valor de variação dos coeficientes de atrito do caminho antes e depois de limpo, aos valores do coeficiente de atrito da pista depois de limpa.

Assim, esse estudo concluiu que se registou uma melhoria do coeficiente de atrito após a limpeza do caminho, especialmente nos valores dos ensaios realizados a 95km/h, onde a melhoria foi em média da ordem dos 12%, enquanto nos ensaios realizados a melhoria estivesse, em média, na casa dos 8%.



Fonte: Monteiro, M, 2009, pág.84

Figura E208 - Valores de atrito do caminho, antes e depois da limpeza, a 65km/h



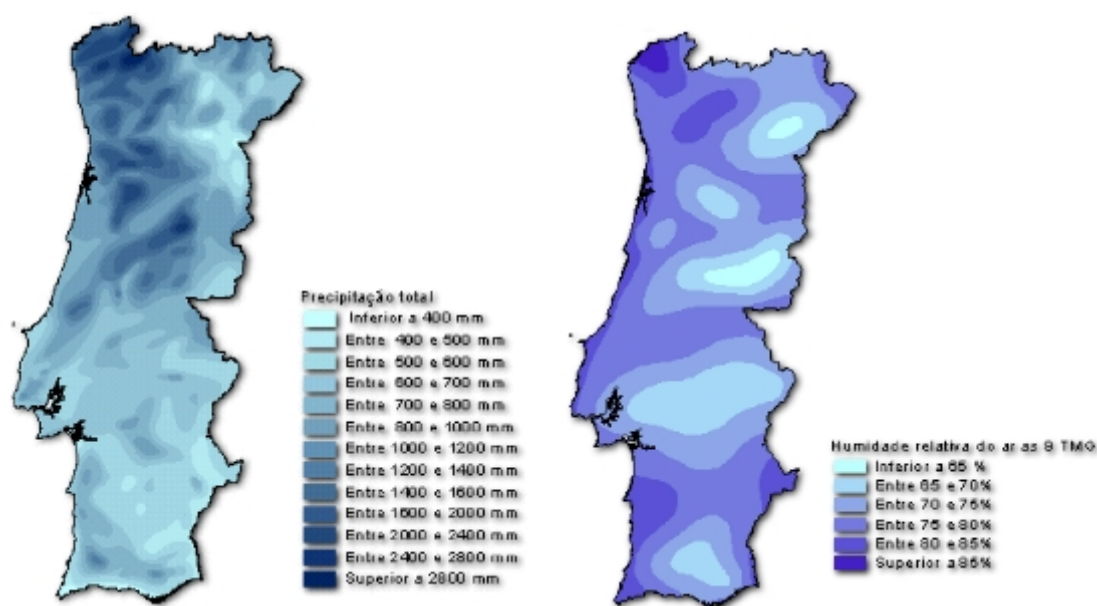
Fonte: Monteiro, M, 2009, pág.84

Figura E209 – Valores de atrito do caminho, antes e depois da limpeza, a 95km/h

Assim, a autora desse estudo optou por considerar que as diferenças seriam as mesmas, para os valores anteriores e posteriores à limpeza da pista, pelo que subtraindo os mesmos aos valores do coeficiente de atrito depois da limpeza, concluiu que antes de limpa a pista teria valores de coeficiente de atrito abaixo dos valores recomendados pela ICAO, quer a 65km/h quer a 95km/h. Valores corroborados pelos ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha, os quais eram reduzidos, quer em determinados locais do caminho de circulação, quer na pista, mesmo depois da limpeza dos mesmos.

Complementarmente, esse estudo refere a forte contaminação, não de borracha, mas de fungos provenientes dos pinheiros da envolvente, os quais associados à humidade do local e à

elevada precipitação (ver Figura E210) levam a que a pista tenha tendência para se tornar escorregadia, independentemente dos valores obtidos com as avaliações do atrito em contínuo, o que lhe permitiu validar a hipótese principal que referia que a avaliação do atrito existente não era suficiente para caracterizar funcionalmente as pistas. E que a análise por terços da pista “*se revela claramente insuficiente e pode levar a conclusões totalmente contra a segurança*”¹⁹⁵.



Fonte: Serviço Meteorológico Nacional, 2007, em Monteiro, M, 2009, pág.52

Figura E210 – Quantidade total de precipitação (mm) e Humidade relativa do ar

Esse estudo também conseguiu validar a segunda hipótese. Segundo as conclusões do mesmo, os resultados da avaliação do coeficiente de atrito a velocidade mais baixa apontavam para a probabilidade da presença de um problema com a macrotextura, o qual foi confirmado pelos baixos valores obtidos com os ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha. Enquanto os valores do coeficiente de atrito a velocidade mais elevada estavam dentro dos limites recomendados. Situação que justificou a pertinência da necessidade de que as campanhas de avaliação do coeficiente de atrito em contínuo se efetuem a duas velocidades, 65 e 95km/h, conforme recomendado pela ICAO.

¹⁹⁵ Monteiro, M., 2009, pág. 94

E 13.3 Textura

Os resultados dos ensaios da Técnica Volumétrica da Mancha apresentam valores entre um mínimo de 0,43 (a 5m da berma da soleira 18, sobre pintura) e um máximo de 0,89, o que sugere uma macrotextura entre o medianamente fechada e o medianamente aberta (C a D).

Tabela E16 Valores de MTD, da Pista 18/36 do AM1, em Ovar

Localização		PTV [mm]		Descrição	PTV [mm]		Descrição
		Sentido 36-18	PTV		Sentido	PTV	
Soleira 36	1,5m do eixo	0,70	0,71		0,76	0,68	
		0,76			0,53		
		0,64			0,74		
		0,72			0,69		
	5m da berma	0,52	0,65	Na tinta	0,75	0,70	
		0,59		Na tinta	0,70		
		0,79			0,99		
		0,69			0,37		Tinta intacta
Zona de Toque	1,5m do eixo	0,64	0,72		0,80	0,80	Com borracha
		0,87			0,83		
		0,70			0,73		
		0,67			0,83		
Centro da Pista	1,5m do eixo	0,79	0,82		0,64	0,89	
		0,92			0,67		
		0,84			0,77		
		0,72			1,47		
	5m da berma	0,93	0,81		0,79	0,89	
		0,99			0,79		
		0,67			0,96		
		0,66			1,02		Zona limpa
Zona de Toque	1,5m do eixo	1,01	0,86		0,66	0,68	
		0,85			0,78		
		0,77			0,64		
		0,79			0,63		
Soleira 18	1,5m do eixo	0,74	0,77		0,66	0,63	
		0,87			0,61		
		0,72			0,62		
		0,74			0,64		
	5m da berma	0,32	0,43	Na tinta	0,90	0,70	
		0,44		Na tinta	0,71		
		0,54		Na tinta	0,57		
		0,40		Na tinta	0,62		

E 13.4 IFI

O cálculo do IFI, foi possível devido à existência de valores obtidos pela aplicação da Técnica Volumétrica da Mancha, pelos ensaios de Pêndulo Britânico e pelos ensaios com o *Griptester*. Este índice, destinado a comparar e harmonizar as avaliações de atrito das superfícies dos

pavimentos obtidas com diferentes equipamentos de medição, permite os resultados das avaliações em valores comparáveis entre si. Assim, em continuação, apresentam-se as Tabelas E17 e E18, onde constam os valores de F60 ((*friction number*) calculados com os valores obtidos com o Pêndulo Britânico e com os valores obtidos com o *Griptester*, classificados por cores de acordo com a proposta da Tabela 9.

Tabela E17 - Valores de IFI, 65km/h, esquerda da Pista 36/18 do AM1, em Ovar

Esquerda do eixo da pista 36/18									
	Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
Soleira 36	1,5m eixo	65	0,71	0,88	78,0	69,06	0,47	0,36	-0,110
	5m berma	65	0,65	0,75	59,0	62,24	0,39	0,27	-0,119
Z. Toque	1,5m eixo	65	0,72	0,62	69,0	70,19	0,36	0,33	-0,031
Centro Pista	1,5m eixo	65	0,82	0,59	65,0	81,55	0,37	0,34	-0,034
	5m berma	65	0,81	0,70	78,0	80,42	0,42	0,39	-0,032
Z. Toque	1,5m eixo	65	0,86	0,60	66,0	86,10	0,39	0,35	-0,035
Soleira 18	1,5m eixo	65	0,77	0,57	60,0	75,87	0,35	0,30	-0,045
	5m berma	65	0,43	0,72	60,0	37,25	0,25	0,18	-0,071

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E18 - Valores de IFI, 65km/h, direita da Pista 36/18 do AM1, em Ovar

Direita do eixo da pista 36/18									
	Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
Soleira 36	1,5m eixo	65	0,68	0,48	68,0	65,65	0,29	0,31	0,025
	5m berma	65	0,70	0,61	66,0	67,92	0,35	0,31	-0,038
Z. Toque	1,5m eixo	65	0,80	0,65	77,0	79,28	0,40	0,38	-0,012
Centro Pista	1,5m eixo	65	0,89	0,67	64,0	89,50	0,43	0,35	-0,081
	5m berma	65	0,89	0,77	62,0	89,50	0,48	0,34	-0,142
Z. Toque	1,5m eixo	65	0,68	0,65	62,0	65,65	0,36	0,29	-0,070
Soleira 18	1,5m eixo	65	0,63	0,79	66,0	59,97	0,39	0,29	-0,108
	5m berma	65	0,70	0,78	69,0	67,92	0,42	0,32	-0,100

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Da comparação dos valores de IFI obtidos com o *Griptester* a 65km/h e o Pêndulo Britânico, observa-se que em 94% dos casos os valores de F60 obtidos com os dados do *Griptester* são superiores aos obtidos com os dados do Pêndulo Britânico, pelo que se conclui que, neste caso, os valores de IFI obtidos com os resultados do Pêndulo Britânico são mais conservativos.

Pode observar-se que 75% dos valores do IFI obtidos com os resultados do *Griptester* a 65km/h são Ótimos e que 69% dos valores do IFI obtidos com os resultados do Pêndulo Britânico são Muito Bons.

Quando considerados todos os valores de IFI calculados, observa-se que o menor valor de F60 é igual a 0,18 (Bom) e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o Pêndulo Britânico, a 5m da berma esquerda da pista, na soleira 18; o maior valor de F60 é igual a 0,48 (Ótimo) e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o *Griptester*, a 5m da berma esquerda da pista, no centro da mesma.

Tabela E19 - Valores de IFI, 95km/h, esquerda da Pista 36/18 do AM1, em Ovar

Esquerda do eixo da pista 36/18									
	Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
Soleira 36	1,5m eixo	95	0,71	0,55	78,0	69,06	0,34	0,36	0,018
	5m berma	95	0,65	0,70	59,0	62,24	0,39	0,27	-0,120
Z. Toque	1,5m eixo	95	0,72	0,52	69,0	70,19	0,33	0,33	-0,002
Centro Pista	1,5m eixo	95	0,82	0,47	65,0	81,55	0,33	0,34	0,012
	5m berma	95	0,81	0,52	78,0	80,42	0,35	0,39	0,041
Z. Toque	1,5m eixo	95	0,86	0,44	66,0	86,10	0,32	0,35	0,034
Soleira 18	1,5m eixo	95	0,77	0,48	60,0	75,87	0,32	0,30	-0,017
	5m berma	95	0,43	0,49	60,0	37,25	0,21	0,18	-0,031

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Tabela E20 - Valores de IFI, 95km/h, direita da Pista 36/18 do AM1, em Ovar

Direita do eixo da pista 36/18									
	Distância	V	MTD	GN	BPN	Sp	F60 GN	F60 BPN	BPN-GN
Soleira 36	1,5m eixo	95	0,68	0,48	68,0	65,65	0,30	0,31	0,010
	5m berma	95	0,70	0,52	66,0	67,92	0,32	0,31	-0,014
Z. Toque	1,5m eixo	95	0,80	0,48	77,0	79,28	0,33	0,38	0,057
Centro Pista	1,5m eixo	95	0,89	0,51	64,0	89,50	0,36	0,35	-0,012
	5m berma	95	0,89	0,65	62,0	89,50	0,44	0,34	-0,097
Z. Toque	1,5m eixo	95	0,68	0,48	62,0	65,65	0,30	0,29	-0,012
Soleira 18	1,5m eixo	95	0,63	0,80	66,0	59,97	0,42	0,29	-0,136
	5m berma	95	0,70	0,78	69,0	67,92	0,44	0,32	-0,124

Legenda				
Bom	Muito Bom	Ótimo	BPN > GN	BPN < GN
F60	F60	F60	x	x

Da comparação dos valores de IFI obtidos com o *Griptester* a 95km/h e o Pêndulo Britânico, observa-se que em 81% dos casos os valores de F60 obtidos com os dados do *Griptester* são superiores aos obtidos com os dados do Pêndulo Britânico, pelo que se conclui que, neste

caso, os valores de IFI obtidos com os resultados do Pêndulo Britânico são mais conservativos.

Pode observar-se que 63% dos valores do IFI obtidos com os resultados do *Griptester* a 95km/h são Muito Bons e que 69% dos valores do IFI obtidos com os resultados do Pêndulo Britânico também são Muito Bons.

Quando considerados todos os valores de IFI calculados, observa-se que o menor valor de F60 é igual a 0,18 (Bom) e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o Pêndulo Britânico, a 5m da berma esquerda da pista, na soleira 18, que é portanto o mesmo; o maior valor de F60 é igual a 0,44 (Ótimo) e foi obtido a partir da avaliação do atrito com o *Griptester*, em dois locais: a 5m da berma esquerda da pista, no centro da mesma; e a 5m da berma direita da pista, na soleira 18.

Se comparados os valores do IFI calculados a 65km/h e a 95km/h, observa-se que no último caso os valores são ligeiramente inferiores. A 95km/h, 63% dos valores são Muito Bons, a 65km/h, 75% dos valores são Ótimos.

Na generalidade os valores de IFI resultantes das avaliações do atrito da Pista 18/36 do Aeródromo de Manobra n.º1, em Ovar oscilam entre o Bom e o Ótimo.

E 13.5 Irregularidade

Não foram realizadas quaisquer campanhas de avaliação deste parâmetro pelo que se desconhecem as características da pista relativamente ao mesmo. Assim, não se pode afirmar que se cumpram as determinações do Anexo 14 relativamente à irregularidade. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 13.6 Contaminação

As conclusões do estudo apontam para que a pista, antes da limpeza, estivesse bastante contaminada, não por borracha acumulada mas por fungos e pólenes provenientes dos pinheiros existentes nas proximidades do aeródromo. Neste caso não obstante o parco número de movimentos dite que uma campanha de limpeza da pista de dois em dois anos é suficiente.

Tal não é verdade e esse período deverá ser ajustado. Assim, e para começar deverão ser programadas campanhas de limpeza da pista na época de maior libertação de pólenes, que ocorre na primavera e antes das primeiras chuvas depois do verão. Estas limpezas não necessitam de ter as mesmas características das limpezas destinadas à remoção de borracha, podem ser mais brandas e desenvolvidas por meios próprios existentes no aeródromo.

E 13.7 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 18/36 do Aeródromo de Manobra n.º1, em Ovar é Bom nos três terços.

Complementarmente à publicação relativa ao coeficiente de atrito, face à contaminação que se observou deverá ser ajustada a periodicidade de realização de campanhas de limpeza da pista conforme definido no ponto anterior. Posteriormente deverá ser avaliado se esta periodicidade é suficiente e caso não o seja deverão ser impostas campanhas mais frequentes.

E 14. AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA BASE AÉREA N.º 1, EM SINTRA

E 14.1 Diagnóstico

E 14.1.1. Dados históricos da Pista 14/31 da Base Aérea n.º 1 em Sintra



Fonte: Google Earth; consultada a 10/02/2011

Figura E211 – Vista em planta da BA1, em Sintra

De acordo com informação disponível na Direção de Infraestruturas da FAP a Granja do Marquês, em Sintra, foi utilizada desde os primórdios da aviação como campo de aviação e por isso aí nasceu a primeira Base Aérea do país, a da Base Aérea n.º 1. A Pista 14/32, que não era a inicialmente utilizada, foi construída na década de 50.

Posteriormente, na década de 80 o pavimento da pista foi alvo de recarga, com reaproveitamento através de termoreciclagem.

Mais recentemente, em 2003/4 a pista foi repavimentada, tendo em vista o incremento da sua capacidade de carga. Esta obra, que começou pela recarga do caminho de circulação paralelo, também constou do alargamento das bermas da pista de 7,5m para 10,5m.

Os momentos mais significativos da vida da Pista 14/32 da Base Aérea n.º 1 em Sintra são os apresentados no cronograma da Figura E212.

Ano	Intervenções
Primórdios da aviação	- Utilização da granja do Marquês como campo de aviação.
Década de 50	- Construção da Pista 14/32, com orientação Noroeste/Sudeste, em betão betuminoso, 1800m de comprimento e 40m de largura
1986	- Recarga da pista com reaproveitamento através de termoreciclagem
2003/4	- Recarga do caminho de circulação paralelo - Recarga da pista e alargamento das bermas de 7,5m para 10m

Figura E212 – Cronograma da vida da Pista 14/32 da Base Aérea n.º 1, em Sintra

E 14.1.2. Condições atmosféricas

1971-2000

SINTRA/BASE AÉREA (532)

Lat.: 38°50'N; Lon.: 09°20'W; Alt.: 134m

	Jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Annual
Media da Temperatura Média Diária (°C)	9.7	10.8	12.0	13.0	14.9	17.8	20.0	20.4	19.4	18.4	15.0	10.9	14.9
Média da Temperatura Máxima Diária (°C)	14.3	14.9	16.8	17.1	18.2	22.3	24.7	25.3	24.6	21.1	17.5	15.1	18.1
Média da Temperatura Mínima Diária (°C)	5.2	6.2	7.3	8.5	10.6	13.3	15.2	15.6	14.3	11.6	8.8	6.8	10.3
Mayor valor da Temperatura Máxima Diária (°C)	21.6	23.4	27.2	29.0	33.6	41.4	39.0	38.5	37.0	31.0	27.0	22.5	41.4
Data	26/1983	27/1987	21/1992	06/1997	21/1974	13/1981	17/1981	24/1978	14/1992	01/1983	03/1981	11/1976	13/06/1981
Menor valor da Temperatura Máxima Diária (°C)	6.8	7.8	9.0	10.2	13.6	15.0	17.4	17.0	16.0	13.0	9.5	7.6	6.8
Data	13/1985	21/1987	08/1971	03/1989	02/1978	03/1984	07/1977	26/1993	26/1992	18/1992	23/1988	15/1975	13/01/1985
Mayor valor da Temperatura Mínima Diária (°C)	15.0	14.2	17.1	18.2	18.5	20.8	22.8	20.8	21.4	20.0	18.2	16.4	22.8
Data	07/1974	05/18/78	08/2000	06/1997	05/1995	10/1991	24/1985	07/1992	18/1987	11/1987	08/1985	25/1985	24/07/1995
Menor valor da Temperatura Mínima Diária (°C)	-3.5	-3.5	-2.0	-0.1	3.2	6.0	8.6	8.4	4.8	-1.0	-3.5	-4.0	-4.0
Data	11/1985	12/1981	01/1993	09/1986	08/1972	04/1992	08/1981	31/1974	30/1993	31/1974	27/1971	03/1980	03/12/1980

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E213 – Temperaturas de Sintra, entre 1971 e 2000

Sintra apresentou, entre 1971 e 2000, valores de temperaturas diárias entre um mínimo de -4°C e um máximo de 41,4°C, em média o mês mais frio foi janeiro e o mais quente agosto.

1971-2000

SINTRA/BASE AÉREA (532) Lat.: 38°50'N; Lon.: 09°20'W; Alt.:134m

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Anual
Média da quantidade de Precipitação Total (mm)													
	100.7	90.7	57.2	72.3	56.8	18.2	6.2	6.9	28.4	91.0	111.5	127.8	767.7
Maior valor da quantidade de Precipitação Diária (mm)													
	57.2	54.2	44.4	71.6	50.9	45.0	36.0	19.4	61.4	70.6	143.2	60.3	143.2
Data	05/1985	09/1979	13/1999	02/2000	04/1988	01/1998	04/1988	29/1987	30/1976	15/1977	19/1983	07/2000	19/11/1983
Número médio de dias com:													
RR≥ 0.1mm	14.3	14.5	11.2	13.1	10.5	8.1	3.6	3.1	6.8	11.9	13.9	16.0	125.0
RR≥ 1mm	11.1	11.0	7.4	9.5	7.0	3.2	1.1	1.2	4.0	6.6	9.8	12.7	88.6
RR≥ 10mm	3.5	2.7	1.6	2.3	1.7	0.3	0.1	0.1	0.8	2.9	3.9	4.9	24.8

RR=Quantidade de Precipitação Diária (09-09 UTC)

Fonte: CIMFA, 2012

Figura E214 – Precipitação de Sintra, entre 1971 e 2000

Relativamente à precipitação registada no período entre 1971 e 2000, a média anual foi 767,7mm, o maior valor de precipitação diária foi 143,2mm e o número médio de dias com precipitação superior a 1mm igual a 87.

E 14.1.3. Tráfego na Pista 14/32

A pista de Sintra, tem um número de movimentos anual, da ordem dos 11.000, que se traduz num número médio de 30 movimentos por dia. A repartição de tráfego da Pista 14/32 é da ordem dos 30/70. O maior número de aterragens acontece na Pista 32, em média com 11 aterragens por dia. Este número de aterragens, assumindo por hipótese que se trata de aterragens de aeronaves a turbo reação, aponta que se desenvolvam campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo e, caso justificável, campanhas de remoção de borracha a cada 2 anos.

E 14.1.4. Características geométricas da Pista 14/32

A Pista 14/32 da Base Aérea n.º 1, em Sintra, tem 1.800m de comprimento, 40m de largura mais bermas de 10m.

- O primeiro trainel, com 264m de comprimento tem uma inclinação longitudinal média de 0,13%;
- O segundo trainel, com 324m tem uma inclinação longitudinal média de 0,32%;
- O terceiro trainel, com 242m tem uma inclinação longitudinal média de 0,20%;

- O quarto tranel, com 380m tem uma inclinação longitudinal média de 0,43%;
- O quinto tranel, com 310m tem uma inclinação longitudinal média de 0,59%;
- O sexto tranel, com 280m tem uma inclinação longitudinal média de 0,49%;

O perfil transversal da pista é constituído por duas águas, que descem do eixo para a berma da pista, com 1,5% de inclinação. A berma está inclinada no sentido descendente para a faixa, nos primeiros 2,5m, após a pista, com uma inclinação de 1,5%, nos restantes 7,5m com uma inclinação de 2,5%.

E 14.1.5. Constituição do pavimento da Pista 14/32

A pista é constituída por um pavimento em betão betuminoso, constituído por uma sub-base em agregado de granulometria extensa com cerca de 40cm; uma base em betão betuminoso reciclado a quente com cerca de 15cm e uma camada de desgaste de espessura variável, que chega a atingir os 9,5cm.

E 14.2 Atrito

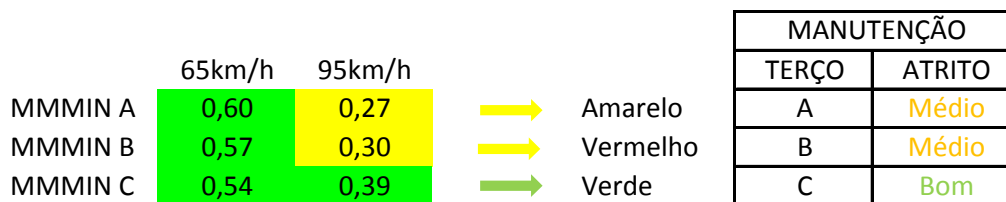
Da análise dos dados do relatório referente à campanha de avaliação do coeficiente de atrito da Pista 14/32 em Sintra, realizada pelo Laboratório do GEAFa em abril de 2012, observa-se que os resultados das médias por terço das avaliações efetuadas a 65km/h, apontam para valores de coeficiente de atrito Muito Bom, todos no patamar azul e que as avaliações efetuadas a 95km/h apontam para um valor Muito Bom no primeiro terço e para um valor Bom no terço central e no 3.º terço.

Médias por terço					PUBLICAR	
	65km/h	95km/h			TERÇO	ATRITO
Média A	0,83	0,68	→	Azul	A	Muito Bom
Média B	0,80	0,62	→	Verde	B	Bom
Média C	0,78	0,61	→	Verde	C	Bom

Figura E215 – Médias da Pista 14/32 da BA1, em Sintra, Abr. 2012

Quando analisados os valores da campanha em termos de Médias Móveis, se considerados todos os alinhamentos avaliados (1,5/3/5/9/15m do eixo) tem-se, a 65km/h, os valores mínimos de todos os terços no patamar verde, atrito Bom. Os valores dos ensaios a 95km/h apresentam valores mínimos, nos dois primeiros terços da pista no patamar amarelo, atrito Médio e no último no patamar verde, atrito Bom. Caso apenas se considerem os alinhamentos centrais (1,5; 3 e 5m do eixo), todos os valores, a ambas as velocidades, estão no patamar

verde, atrito Bom. Se observados os gráficos de cor, a 65km/h a cor predominante é o azul (atrito Muito Bom) mas também se observam alguns verdes; a 95km/h a cor predominante é o verde (atrito Bom) se bem que no primeiro terço se observem mais azuis.



BA1 14/32 ABR 2012

Apenas alinhamentos de 1,5m; 3m e 4,5m



BA1 14/32 ABR 2012

Figura E216 – Médias Móveis por terço da Pista 14/32 da BA1, em Sintra, Abr. 2012

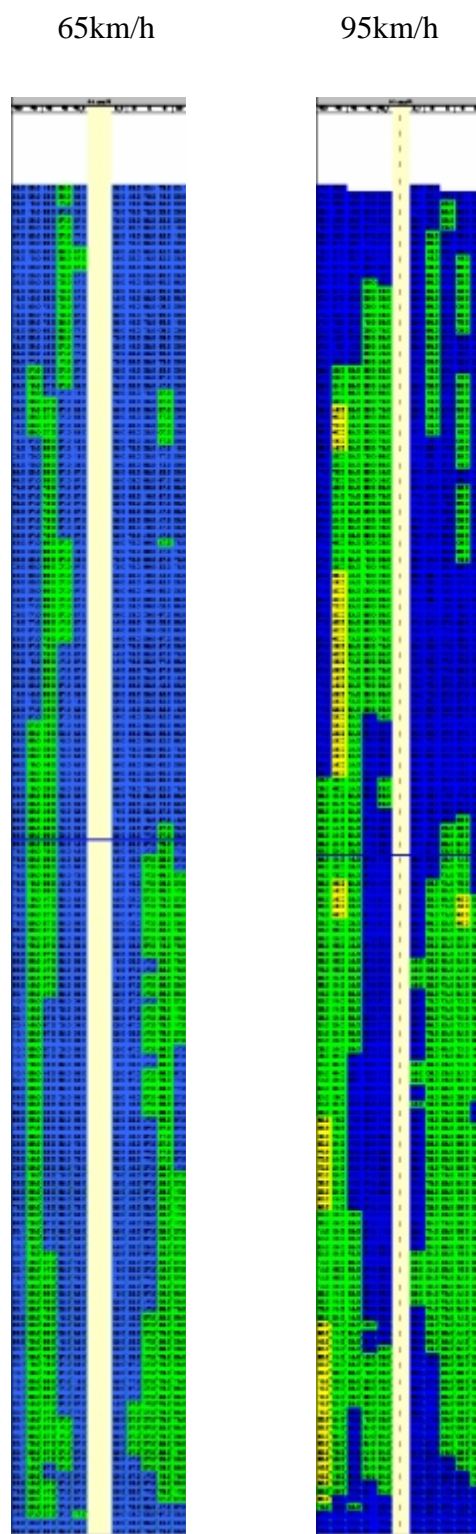


Figura E217 - Médias Móveis da Pista 14/32 da Base Aérea n.º1, em Sintra, Fev. 2011

Os valores das médias por terço são portanto mais otimistas, especialmente quando respeitantes aos ensaios realizados a 65km/h onde as médias apontam para o patamar azul, atrito Muito Bom e as médias móveis para o patamar verde, atrito Bom. Quanto aos ensaios realizados a 95km/h, muito embora todos os valores médios por terço sejam superiores aos valores mínimos das médias móveis isso, em termos de patamar, apenas se reflete no 1.º terço

cuja média aponta para o patamar azul e a média móvel para o patamar verde. Nos outros dois terços os valores estão sempre no patamar verde.

Assim o que se propõe para efeitos de publicação é a classificação de um atrito Bom em todos os terços.

Os valores de atrito obtidos, classificados como Bons e Muito Bons, levam a concluir que não se prognostiquem quaisquer problemas relacionados com este parâmetro, no entanto, não pode deixar de registar-se o facto de, relativamente, os valores dos ensaios realizados à velocidade mais baixa (65km/h), serem melhores do que os dos ensaios realizados à velocidade mais elevada (95km/h). Para a confirmação desta diferença relativa, entre os patamares de atrito a velocidades diferentes e para eventualmente identificar a presença de algum problema relacionado com a microtextura do agregado do pavimento da pista, poderão ser conduzidos ensaios de Pêndulo Britânico. Contudo, tal não é necessário atendendo aos valores de médias móveis mais baixos não descerem do patamar amarelo e a maioria dos mesmos, na faixa central da pista, se encontrar no patamar verde.

E 14.3 Outros parâmetros: textura; irregularidade e contaminação

Não há avaliações de outros parâmetros, nem de textura, nem de irregularidade, nem de contaminação. De entre estes três parâmetros que se desconhecem, o que suscita maior preocupação é o da irregularidade, pois uma vez desconhecido o mesmo não é possível afirmar que se cumprem as determinações do Anexo 14 a si respeitantes. Este parâmetro devia efetivamente ser avaliado.

E 14.4 Publicação e ações a desenvolver

Os resultados da última campanha de avaliação do coeficiente de atrito apontam para que se publique que o atrito da Pista 14/32 do da Base Aérea n.º1, em Sintra, é Bom em todos os terços.

Complementarmente à publicação relativa ao coeficiente de atrito, e à realização de campanhas anuais de avaliação do atrito em contínuo, deverá ser desenvolvida uma campanha de avaliação de irregularidade da pista.

ANEXO F

Mapa comparativo das avaliações funcionais dos pavimentos das pistas

Mapa comparativo das avaliações funcionais aos pavimentos das pistas

	Pista	Data	Tráfego repartição	Ordem de grandeza	Aterragens por dia	PCI						MMMin 65km/h			Média 65km/h			MMMin 95km/h			Média 95km/h			A B C			
						Ruína	Muito Pobre	Pobre	Razoável	Bom	Muito Bom	Excelente	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B				C
						[0-10]	[10-25]	[25-40]	[40-56]	[56-70]	[70-86]	[86-100]	0,53	0,51	0,52	0,61	0,60	0,62	0,48	0,45	0,44	0,55	0,53	0,56			
Beja	01L/19R	Abr 2010	40/60	8.500	5	7							0,70	0,76	0,40	0,86	0,90	0,82	0,51	0,72	0,26	0,80	0,84	0,78			
Faro	10/28	Abr 2010	30/70	45.000	18	43							0,66	0,77	0,44	0,86	0,86	0,84	0,54	0,72	0,43	0,83	0,84	0,82			
	10/28	Nov 2011	30/70	45.000					36 %	51 %	7 %	6 %	0,67	0,84	0,52	0,91	0,95	0,89	0,58	0,82	0,47	0,84	0,88	0,83			
	10/28	Fev 2012	30/70	45.000									0,76	0,83	0,85	0,88	0,89	0,91	0,72	0,80	0,82	0,84	0,84	0,87			
Flores	18/36	Set 2009	70/30	1.500	2	0							0,65	0,68	0,63	0,74	0,76	0,78	0,69	0,71	0,75	0,80	0,75	0,76			
	18/36	Set 2011	70/30	1.500					74 %	16 %		10 %	0,75	0,61	0,77	0,99	0,98	0,94	0,78	0,61	0,71	0,98	0,97	0,93			
Horta	10/28	Dez 2009	45/55	4.700	3	4							0,85	0,83	0,84	0,96	0,94	0,92	0,83	0,79	0,79	0,92	0,89	0,89			
	10/28	Set 2011	45/55	4.700					16 %	11 %		15 %	58 %	0,43	0,57	0,51	0,78	0,82	0,80	0,27	0,50	0,54	0,71	0,75	0,76		
Lisboa	03/21	Out 2011	75/75	142.000	146	49							0,54	0,71	0,75	0,87	0,85	0,88	0,41	0,70	0,66	0,81	0,80	0,83			
	03/21	Fev 2012	75/75	142.000						26 %	60 %	14 %	0,43	0,69	0,51	0,85	0,82	0,86	0,41	0,70	0,66	0,81	0,80	0,83			
	03/21	Mai 2012	75/75	142.000									0,80	0,71	0,71	0,98	0,94	0,95	0,82	0,79	0,75	0,93	0,91	0,99			
	17/35	Mai 2010	05/95	1.000	0	1							0,68	0,75	0,76	0,94	0,95	0,96									
	17/35	Out 2011	05/95	1.000									0,81	0,81	0,85	1,02	0,99	0,98	0,76	0,78	0,82	0,97	0,95	0,94			
Madeira *	05/23	Jul 2011	70/30	25.000	25	11							0,73	0,82	0,87	0,92	0,95	0,97	0,67	0,74	0,75	0,85	0,90	0,89			
	05/23	Abr 2012	70/30	25.000									0,57	0,63	0,64	0,70	0,72	0,79	0,54	0,62	0,60	0,69	0,71	0,77			
Ponta Delgada	12/30	Mai 2010	75/75	13.000	4	13							0,92	0,92	0,92	1,01	1,02	1,04	0,84	0,69	0,77	0,94	0,96	0,98			
	12/30	Jan 2012	25/75	13.000							56 %	32 %	12 %	0,84	0,84	0,68	0,92	0,92	0,91	0,77	0,81	0,57	0,88	0,89	0,87		
Porto	17/35	Mar 2010	30/70	60.000	25	58							0,71	0,71	0,71	0,88	0,84	0,85	0,61	0,70	0,71	0,83	0,80	0,80			
	17/35	Dez 2011	30/70	60.000						8 %	28 %	66 %	0,78	0,78	0,79	0,96	0,98	0,97	0,78	0,61	0,67	0,89	0,87	0,87			
	17/35	Mar 2012	30/70	60.000									0,35	0,67	0,46	0,71	0,76	0,68									
Porto Santo**	18/36	Ago 2004	80/70	5.000	2	5							0,75	0,79	0,73	0,86	0,87	0,86	0,57	0,69	0,63	0,75	0,76	0,74			
Santa Maria	18/36	Set 2009	80/20	3.500	4	1			58 %	17 %	11 %		0,73	0,79	0,69	0,87	0,87	0,87	0,71	0,79	0,67	0,82	0,82	0,83			
	18/36	Set 2011	80/20	3.500									0,43	0,41	0,41	0,46	0,44	0,47	0,30	0,30	0,32	0,36	0,35	0,38			
Beja	01L/19R	Nov 2009	40/60	8.500	5	7							0,45	0,35	0,48	0,66	0,65	0,65	0,48	0,49	0,43	0,65	0,61	0,58			
Monte Real	01/19	Dez 2009	70/70	11.000	11	5							0,52	0,49	0,65	0,68	0,79	0,74	0,36	0,44	0,36	0,48	0,64	0,54			
Montijo	01/19	Fev 2010	70/70	6.000	7	1							0,50	0,56	0,53	0,66	0,63	0,61	0,44	0,38	0,35	0,59	0,48	0,45			
	08/26	Fev 2010	70/70	5.000	0	7							0,56	0,59	0,58	0,67	0,70	0,68	0,39	0,42	0,44	0,52	0,52	0,54			
Ovar	18/36	Abr 2009	20/80	3.500	1	4							0,65	0,61	0,66	0,83	0,80	0,78	0,43	0,43	0,40	0,68	0,62	0,61			
Sintra	14/32	Fev 2011	30/70	11.000	5	11																					

ANEXO G

Resultados dos testes estatísticos obtidos com o R-statistic

Interpreção de dados usando o R-statistic

```
> citation()
```

To cite R in publications use:

```
R Development Core Team (2009). R: A language and environment for
statistical computing. R Foundation for Statistical Computing,
Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.
```

A BibTeX entry for LaTeX users is

```
@Manual{,
  title = {R: A Language and Environment for Statistical Computing},
  author = {{R Development Core Team}},
  organization = {R Foundation for Statistical Computing},
  address = {Vienna, Austria},
  year = {2009},
  note = {{ISBN} 3-900051-07-0},
  url = {http://www.R-project.org},
}
```

We have invested a lot of time and effort in creating R, please cite it when using it for data analysis. See also 'citation("pkgname")' for citing R packages.

```
>
> proc.time()
      user  system elapsed
  1.415    0.088    1.575
```

Correlações: Pearson e Spearman

```
> MMin65Antes=c(0.70,0.76,0.40, 0.43,0.57,0.51, 0.68,0.75,0.76, 0.71,0.71,0.71)
> MMin65Apos=c(0.67,0.84,0.52, 0.54,0.71,0.75, 0.81,0.81,0.85, 0.78,0.78,0.79)
> M65Antes=c(0.86,0.90,0.82, 0.91,0.95,0.89, 0.94,0.95,0.96, 0.88,0.84,0.85)
> M65Apos=c(0.91,0.95,0.89, 0.87,0.85,0.88, 1.02,0.99,0.98, 0.96,0.98,0.97)
> MMin95Antes=c(0.51,0.72,0.26, 0.27,0.50,0.54, 0.61,0.70,0.71)
> MMin95Apos=c(0.58,0.82,0.47, 0.41,0.70,0.66, 0.78,0.61,0.67)
> M95Antes=c(0.80,0.84,0.78, 0.71,0.75,0.76, 0.83,0.80,0.80)
```

```
> M95Apos=c(0.84,0.88,0.83, 0.81,0.80,0.83, 0.89,0.87,0.87)
> cor.test(MMMin65Antes, MMMin65Apos, method="spearman")
```

Spearman's rank correlation rho

```
data: MMMin65Antes and MMMin65Apos
S = 38.9735, p-value = 0.0002931
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.863729
```

Warning message:

```
In cor.test.default(MMMin65Antes, MMMin65Apos, method = "spearman") :
  Cannot compute exact p-values with ties
> cor.test(MMMin65Antes, MMMin65Apos, method="pearson")
```

Pearson's product-moment correlation

```
data: MMMin65Antes and MMMin65Apos
t = 5.6874, df = 10, p-value = 0.0002018
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.6020770 0.9642418
sample estimates:
cor
0.8739872
```

```
> cor.test(MMMin95Antes, MMMin95Apos, method="spearman")
```

Spearman's rank correlation rho

```
data: MMMin95Antes and MMMin95Apos
S = 36, p-value = 0.04325
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.7
```

```
> cor.test(MMMin95Antes, MMMin95Apos, method="pearson")
```

Pearson's product-moment correlation

3

```

data: MMin95Antes and MMin95Apos
t = 3.6332, df = 7, p-value = 0.008362
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.3114709 0.9581209
sample estimates:
      cor
0.8083763

> cor.test(M65Antes, M65Apos, method="spearman")

Spearman's rank correlation rho

data: M65Antes and M65Apos
S = 247.8667, p-value = 0.6795
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.1333333

Warning message:
In cor.test.default(M65Antes, M65Apos, method = "spearman") :
  Cannot compute exact p-values with ties
> cor.test(M65Antes, M65Apos, method="pearson")

Pearson's product-moment correlation

data: M65Antes and M65Apos
t = 0.4759, df = 10, p-value = 0.6444
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.4647873 0.6658454
sample estimates:
      cor
0.1488076

> cor.test(M95Antes, M95Apos, method="spearman")

Spearman's rank correlation rho

data: M95Antes and M95Apos

```

```

S = 6.1497, p-value = 9.54e-05
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
      rho
0.9487526

Warning message:
In cor.test.default(M95Antes, M95Apos, method = "spearman") :
  Cannot compute exact p-values with ties
> cor.test(M95Antes, M95Apos, method="pearson")

      Pearson's product-moment correlation

data:  M95Antes and M95Apos
t = 5.1628, df = 7, p-value = 0.001305
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 0.5521865 0.9767671
sample estimates:
      cor
0.8899475

>
> proc.time()
      user  system elapsed
 1.470   0.096   1.641

> pdf("rute.pdf")
> plot(MMMMin65Apos-MMMMin65Antes, ylab="Atrito após limpeza", xlab="Atrito
antes da limpeza", xlim=c(.4,1), ylim=c(.4,1.1), col=3, pch=4)
> points(MMMMin95Apos-MMMMin95Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=4, pch=3)
> points(M95Apos-M95Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=5, pch=2)
> points(M65Apos-M65Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=6, pch=1)
> MMMMin65=lm(MMMMin65Apos-MMMMin65Antes)
> MMMMin95=lm(MMMMin95Apos-MMMMin95Antes)
> M95=lm(M95Apos-M95Antes)
> M65=lm(M65Apos-M65Antes)
> abline(MMMMin65, lty=4, col=3)
> abline(MMMMin95, lty=3, col=4)
> abline(M95, lty=2, col=5)
> abline(M65, lty=1, col=6)

```


5

```

> leg.txt <- c("MMMin 65 km/h", "MMMin 95 km/h", "M 95 km/h", "M 65 km/h")
> legend(.8, .6, leg.txt, col = c(3,4,5,6), text.col = "green4", pch=c(4,3,2,1),
bg = 'gray90', merge = TRUE, lty=c(4,3,2,1))
> dev.off()
null device
      1
>
> proc.time()
      user  system elapsed
  1.579   0.082   1.714

```

Coefficiente de Determinação

```

> summary(MMMin65)$r.squared
[1] 0.7638536
> summary(MMMin95)$r.squared
[1] 0.6534722
> summary(M65)$r.squared
[1] 0.02214371
> summary(M95)$r.squared
[1] 0.7920066
>
> proc.time()
      user  system elapsed
  1.405   0.082   1.527

```

Dados relativos às regressões lineares segmentares

Para interpretação atentar no seguinte:

- Reparar em primeiro lugar nas variáveis que se estão a relacionar
- Na tabela são apresentados os valores da ordenada na origem e do declive
- Na tabela é possível ler para o declive e ordenada na origem o p-value, ou seja a probabilidade desses valores serem estatisticamente diferentes de zero. Se forem estatisticamente diferentes de zero são assinaladas com um ou mais asteriscos.
- Os valores são significativos se o p-value for inferior a 5%
- É ainda dado o coeficiente de correlação r^2 e o p-value da regressão.

```

> summary(MMMin65)

```

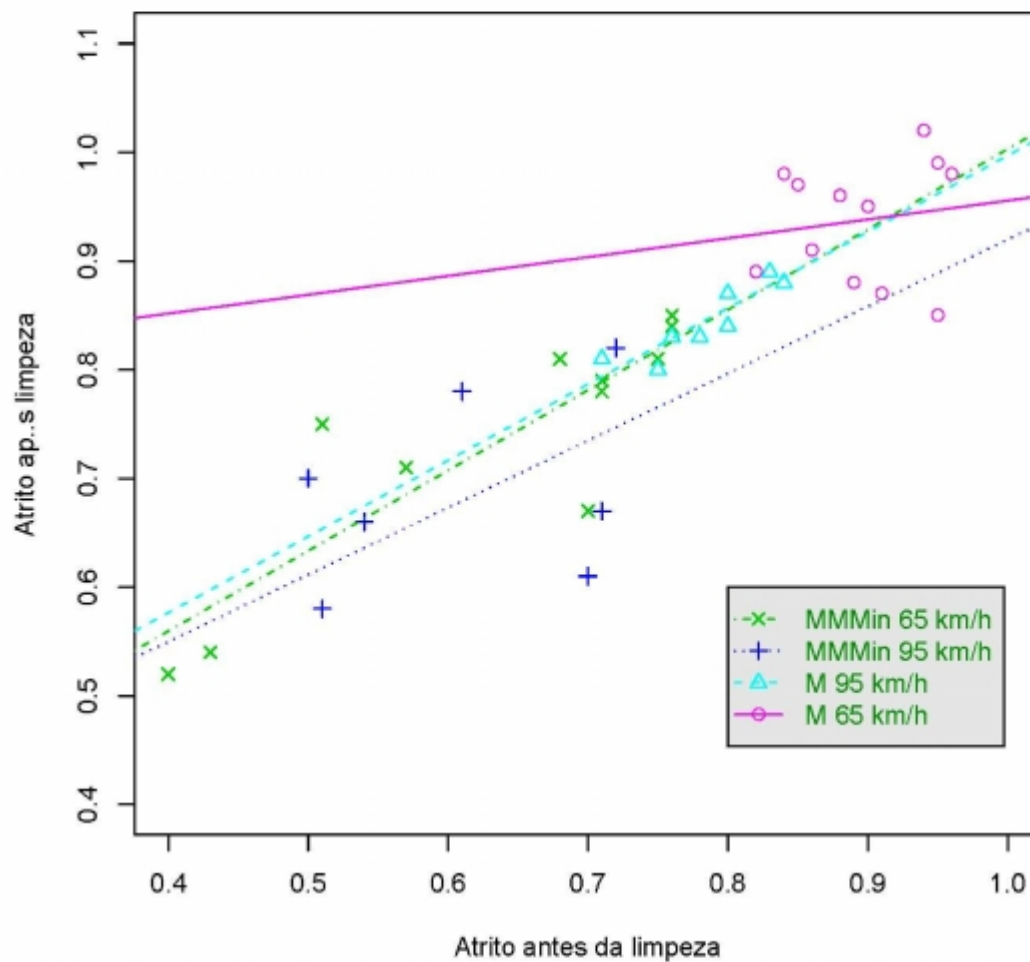


Figure 1 Atrito antes e após limpeza das pistas

Call:
lm(formula = MMin65Apos ~ MMin65Antes)

Residuals:

7

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.111235	-0.016340	-0.003410	0.024525	0.109210

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.26381	0.08483	3.110	0.011064 *
MMMin65Antes	0.73918	0.12997	5.687	0.000202 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05579 on 10 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7639, Adjusted R-squared: 0.7402

F-statistic: 32.35 on 1 and 10 DF, p-value: 0.0002018

> summary(MMMin95)

Call:

lm(formula = MMMin95Apos ~ MMMin95Antes)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.124734	-0.059585	0.006581	0.072934	0.100762

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.30310	0.09512	3.187	0.01535 *
MMMin95Antes	0.61662	0.16972	3.633	0.00836 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.08408 on 7 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.6535, Adjusted R-squared: 0.604

F-statistic: 13.2 on 1 and 7 DF, p-value: 0.008362

> summary(M65)

Call:

lm(formula = M65Apos ~ M65Antes)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-----	----	--------	----	-----

```

-0.09688 -0.03990  0.01851  0.04111  0.07485

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.7824     0.3263   2.397  0.0375 *
M65Antes      0.1731     0.3638   0.476  0.6444
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05717 on 10 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.02214,    Adjusted R-squared:  -0.07564
F-statistic: 0.2265 on 1 and 10 DF,  p-value: 0.6444

> summary(M95)

Call:
lm(formula = M95Apos ~ M95Antes)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.021748 -0.012773  0.001244  0.013210  0.016286

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   0.2961     0.1068   2.774  0.02755 *
M95Antes      0.7008     0.1357   5.163  0.00131 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01561 on 7 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.792,    Adjusted R-squared:  0.7623
F-statistic: 26.65 on 1 and 7 DF,  p-value: 0.001305

>
> proc.time()
      user  system elapsed
   1.460    0.083    1.562

> pdf("rute2.pdf")
> total=c(MMMin65Antes,M65Antes,MMMin95Antes,M95Antes)
> totalA=c(MMMin65Apos,M65Apos,MMMin95Apos,M95Apos)

```

9

```

> plot(MMMin65Apos-MMMin65Antes, ylab="Atrito após limpeza", xlab="Atrito
antes da limpeza", xlim=c(.4,1), ylim=c(.4,1.1), col=3, pch=4)
> points(MMMin95Apos-MMMin95Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=4,
pch=3)
> points(M95Apos-M95Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=5, pch=2)
> points(M65Apos-M65Antes, xlim=c(.4,1), ylim=c(.3,1), col=6, pch=1)
> leg.txt <- c("MMMin 65 km/h", "MMMin 95 km/h", "M 95 km/h", "M 65 km/h")
> legend(.8, .6, leg.txt, col = c(3,4,5,6), text.col = "green4", pch=c(4,3,2,1),
bg = 'gray90')
> abline(lm(totalA~total))
> dev.off()
null device
      1
>
> proc.time()
      user  system elapsed
  1.567    0.088    1.703

```

Dados relativos à regressão com todos os dados

```

> summary(lm(totalA~total))

Call:
lm(formula = totalA ~ total)

Residuals:
      Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.168908 -0.016345  0.007604  0.025426  0.115299

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.24762    0.03829   6.466 1.04e-07 ***
total        0.75898    0.05157  14.719 < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.05785 on 40 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8441, Adjusted R-squared:  0.8402
F-statistic: 216.6 on 1 and 40 DF,  p-value: < 2.2e-16

>
> proc.time()

```

```

user  system elapsed
1.437  0.085   1.563

```

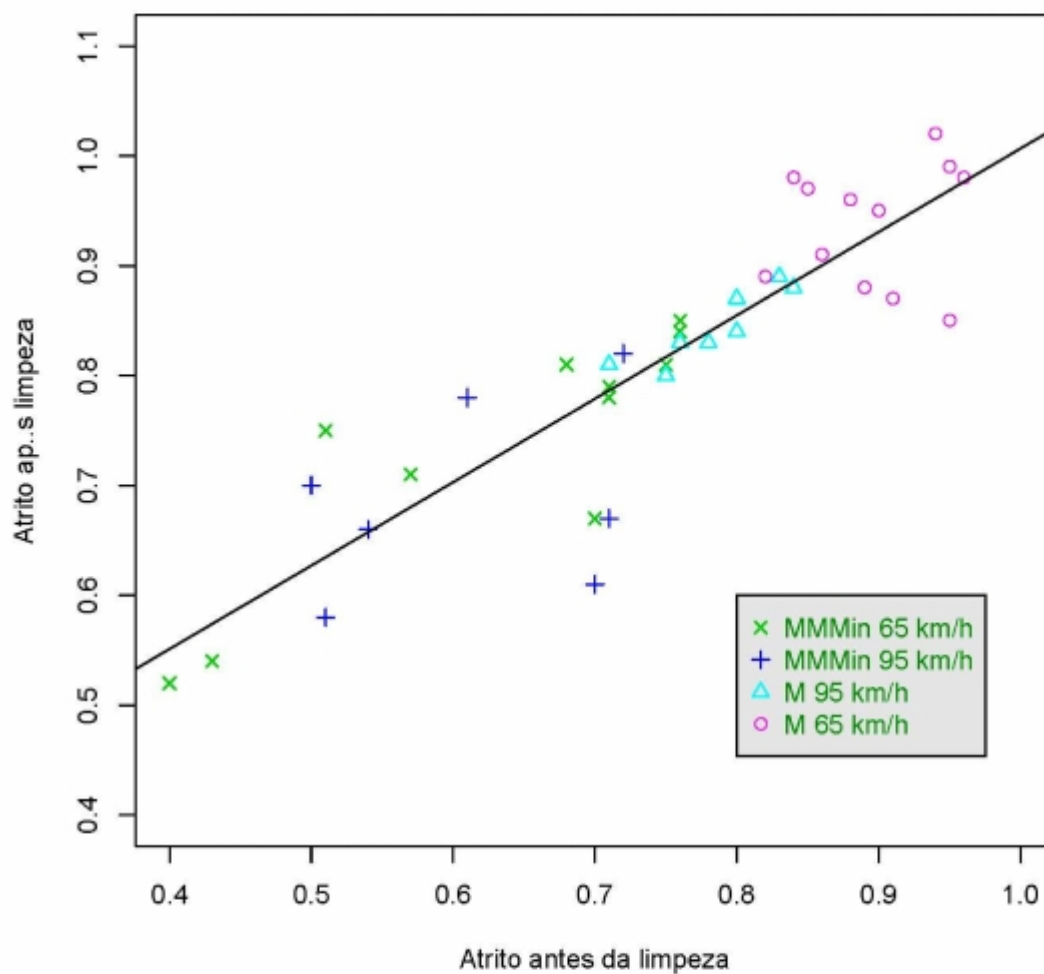


Figure 2 Atrito antes e após limpeza das pistas. Regressão com todos os dados.

ANEXO H

Diretrizes para a avaliação funcional de pavimentos aeronáuticos

H 1. DIAGNÓSTICO

O primeiro passo da avaliação funcional deverá consistir no diagnóstico do pavimento.

H 1.1 Fases do diagnóstico:

(1) Recolha e condensação de informação sobre o pavimento desde o projeto até à sua situação atual;

(2) Realização de uma campanha de auscultação:

- a) Determinação do VSA/PSR;
- b) LVC;
- c) Inspeção a pé com o registo de patologias;
- d) Cálculo do PCI (Formulário em Anexo D)

(3) Registo e a classificação das principais patologias



Figura H1 Fase de diagnóstico

Algumas das fases poderão ser dispensadas caso não se justifique a sua necessidade, se já existir essa informação, por exemplo. A campanha de auscultação, caso se realize, poderá consistir em qualquer uma das medidas propostas

H 2. COEFICIENTE DE ATRITO EM CONTÍNUO

H 2.1 Obrigatoriedade de medição:

Deverão ser conduzidos ensaios de avaliação do atrito em contínuo:

- Quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada;
- Em infraestruturas aeronáuticas não utilizadas por aeronaves a turbo-reação enquanto não existirem resultados de campanhas de avaliação de atrito que permitam seguir uma abordagem sistemática para o planeamento das campanhas, os intervalos máximos admitidos entre as avaliações de atrito da superfície de pista serão os apresentados na Tabela H1:

Tabela H1 - Intervalo máximo admissível entre campanhas de avaliação do atrito

Média de movimentos diários	Intervalo máximo entre medições
Inferior a 400	11 meses
Igual ou superior a 400	5 meses

Nota: O nº total de movimentos, em ambas as direções da pista, determina o nº médio de movimentos numa pista.

- Em infraestruturas aeronáuticas utilizadas por aeronaves a turbo-reação o atrito deverá ser avaliado de acordo com um programa, a elaborar de acordo com o proposto no Anexo C.

H 2.2 Medições complementares:

Complementarmente será desejável que se realizem medições do coeficiente de atrito em contínuo:

- Quando as condições de drenagem são deficientes;
- Quando as pistas, sob condições anormais, se tenham tornado escorregadias;
- Após operações de limpeza das pistas;
- Após atividades de manutenção das pistas;
- Sempre que: os relatórios dos pilotos indiquem dificuldades na travagem; sejam visíveis camadas de depósitos de borracha, de desgaste da superfície da pista, se observe o polimento do agregado ou qualquer outra razão relevante.

H 2.3 Equipamentos de medição:

- Mu-meter Trailer
- Skiddometer Trailer
- Surface Friction Tester Vehicle
- Runway Friction Tester Vehicle
- TATRA Friction Tester Vehicle
- Grip Tester Vehicle

H 2.4 Níveis:

Os níveis de atrito, de Projeto, de Manutenção e Mínimo, a 65km/h e a 95km/h, medidos por cada um dos equipamentos deverão ser os da Tabela H2:

Tabela H2 - Valores do coeficiente de atrito

Equipamento	Velocidade	Nível de projeto	Nível de planeamento de manutenção	Nível mínimo
	[km/h]	(N PROJ)	(N MAN)	(N MIN)
<i>Mu-meter</i>	65	0.72	0.52	0.42
	95	0.66	0.38	0.26
<i>Skiddometer</i>	65	0.82	0.60	0.50
	95	0.74	0.47	0.34
<i>Surface Friction Tester</i>	65	0.82	0.60	0.50
	95	0.74	0.47	0.34
<i>Runway Friction Tester</i>	65	0.82	0.60	0.50
	95	0.74	0.54	0.41
<i>TATRA Friction Tester</i>	65	0.76	0.57	0.48
	95	0.67	0.52	0.42
<i>Grip Tester</i>	65	0.74	0.53	0.43
	95	0.64	0.36	0.24

H 2.5 Condições das medições:

- Não deverá estar a chover e a superfície da pista deverá estar seca e sem a presença de poças de água e a temperatura do ar deverá estar acima de 2°C,
- Deverão ser realizadas com um equipamento que disponha de um sistema de provisão de uma lâmina de água de espessura constante (1mm), com uma roda de rasto liso, que permita a realização do ensaio a velocidades específicas (65 e 95km/h);
- Os ensaios deverão ser conduzidos por operadores com competência para operação e para a manutenção dos equipamentos de medição do atrito, que conheçam as normas aplicáveis e os fatores críticos deste tipo de ensaios;
- Deverão ser realizadas duas corridas de teste, uma antes e outra após a avaliação.

H 2.6 Onde e como medir:

A duas velocidades distintas (65km/h e 95km/h) e nos dois sentidos. As corridas nos dois sentidos poderão ser dispensadas, caso se conclua que as diferenças obtidas nas corridas realizadas em determinado alinhamento, em diferentes sentidos, não apresentam diferenças significativas, para este efeito consideram-se não significativas diferenças da ordem dos 5%. No mínimo deverão ser realizadas corridas ao longo de alinhamentos:

- No eixo (proposta de autor);
- A 3m do eixo, em ambos os lados;
- A 5m da berma, em ambos os lados; (20 corridas)

Complementarmente poderá ser necessário realizar, a ambas as velocidades, dos dois lados da pista e em ambos os sentidos, corridas ao longo de alinhamentos:

- A 5m do eixo, em ambos os lados; (28 corridas)
- Ao eixo das marcas de distância fixa (36 corridas)

H 2.7 Registo:

Os resultados dos ensaios deverão ser registados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação. Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado;
- Nome do operador do equipamento de medição;

- Distâncias declaradas;
- Designação da pista avaliada;
- Número da corrida e sentido da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo do qual foi realizada a corrida;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Profundidade da lâmina de água do teste;
- Tipo de pneu do teste;
- Pressão de enchimento do pneu;
- Medida do desgaste do pneu;
- Condição da superfície e temperatura do ar;
- Nível médio do atrito por corrida;
- Níveis de atrito indicando a média de troços de 100m por terços da pista.

Para efeitos de registo poderá ser utilizado o formulário do Anexo D.

Caso surjam problemas durante o ensaio os mesmos deverão ser registados. Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção, deverão ser registados: o local, a extensão, os métodos empregues e os resultados.

H 2.8 Avaliação de resultados:

Os resultados das medições deverão ser agrupados em valores mínimos de média móvel por terço para as duas velocidades 65km/h e 95km/h isto deverá ser feito de forma distinta para dois efeitos distintos: manutenção e operação. Para efeitos de manutenção serão contemplados todos os alinhamentos com exceção dos alinhamentos das bermas; para efeitos de operação deverão ser contemplados apenas os alinhamentos centrais (até 4,5m do eixo) excluído o alinhamento do eixo.

As leituras obtidas deverão ser comparadas com os três níveis (PROJ/MAN/MIN), de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo utilizado e para as duas velocidades de realização das corridas (65 e 95km/h).

H 2.9 Ações face aos resultados:

Em virtude dos resultados abaixo descritos, o operador do aeródromo deve rever os resultados da campanha de avaliação do coeficiente de atrito da pista e, quando necessário, tomar as seguintes medidas:

Para efeitos de manutenção

- a) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMAN, o operador do aeródromo deverá desenvolver um programa de manutenção que vise restaurar o nível de atrito, pelo menos para um valor igual ao valor do NMAN (estabelecido pelo INAC de acordo com o equipamento de medição do atrito em contínuo e com a velocidade da corrida). A consulta dos valores de troços de 10m permitirá a identificação de zonas alvo sobre as quais as operações de manutenção deverão incidir;
- b) Se da análise de tendências/evolução do coeficiente de atrito resultar que o coeficiente de atrito tende a baixar, o operador do aeródromo deverá aumentar a frequência das avaliações de atrito da pista para identificar potenciais deteriorações e, se necessário for, tomar medidas;
- c) Se o valor do coeficiente de atrito for inferior ao NMIN, o operador do aeródromo deverá proceder urgentemente a obras para que os valores do coeficiente de atrito passem a ser, no mínimo, superiores a esse NMIN e, de preferência, recuperar os valores do atrito para um nível aceitável;
- d) Após a adoção das medidas para melhoramento do coeficiente de atrito deverão ser realizadas novas avaliações, o ideal é que estas avaliações se façam entre uma a duas semanas após a conclusão dos trabalhos.

Para efeitos de operação

Para efeitos de operação a informação a publicar, será, consoante a comparação dos valores obtidos com os valores dos níveis de atrito estabelecidos no Quadro H1:

Quadro H1 Classificação relativamente ao coeficiente de atrito

Valor do coeficiente de atrito (CA)	Classificação
$CA > NPROJ$	Muito Bom
$NMAN < CA < NPROJ$	Bom
$NMIN < CA < NMAN$	Médio
$CA < NMIN$	Mau

- a) Se qualquer valor da média de 100m nos alinhamentos centrais, com exceção do eixo, for inferior ao NMIN, deverá ser emitido um NOTAM (*Notice To Airmen*) que informe que “a pista poder-se-á tornar escorregadia quando molhada”;
- b) Se o valor do coeficiente de atrito estiver significativamente abaixo do NMIN, o operador de aeródromo deverá interditar as operações de descolagens e/ou aterragens sempre que a pista esteja molhada.

H 3. COEFICIENTE DE ATRITO PONTUAL

H 3.1 Obrigatoriedade de medição:

Deverão ser conduzidos ensaios de avaliação do atrito pontual:

- Apenas quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada;

H 3.2 Medições complementares:

Complementarmente será desejável que se realizem medições do coeficiente de atrito pontual:

- Quando o valor do coeficiente de atrito em contínuo for inferior ao NMAN;
- Sempre que se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto ao atrito da pista
- Não obstante o número de movimentos, em aeroportos internacionais, as medições do coeficiente de atrito desejavelmente deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

H 3.3 Equipamentos de medição:

Para a medição do atrito pontual deverá recorrer-se à utilização do Pêndulo Britânico. É um método de medição do atrito que também permite, ainda que de uma forma indireta, obter uma medida da microtextura, o PTV (*Pendulum Test Value*).

H 3.4 Níveis:

De acordo com o parâmetro PTV - valor de Pêndulo Britânico, obtido através do ensaio do Pêndulo Britânico, a classificação da microtextura deverá respeitar o disposto na Tabela H3:

Tabela H3 - Classificação da microtextura

Valor de Pêndulo Britânico PTV	Classificação da microtextura
PTV < 25	Perigosa
25 < PTV < 31	Muito polida
32 < PTV < 39	Polida
40 < PTV < 46	Pouco rugosa
47 < PTV < 54	Medianamente rugosa
55 < PTV < 75	Rugosa
PTV > 75	Muito rugosa

H 3.5 Condições das medições:

- Não deverá estar a chover e a superfície da pista deverá estar seca e sem a presença de poças de água e a temperatura do ar deverá estar acima de 1°C e abaixo de 40 °C;
- Antes da realização de cada ensaio será necessário molhar a superfície;
- Deverão ser realizadas com um equipamento que disponha de um sistema de provisão de uma lâmina de água de espessura constante (1mm), com uma roda de rasto liso, que permita a realização do ensaio a velocidades específicas (65 e 95km/h);
- Os ensaios deverão ser conduzidos por operadores com competência para operação e para a manutenção dos equipamentos de medição do atrito, que conheçam as normas aplicáveis e os fatores críticos deste tipo de ensaios;
- Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio do atrito pontual e suas condições deverão ser os definidos na norma europeia referente ao ensaio do Pêndulo Britânico, a EN 13036-4 de 2003.

H 3.6 Onde medir:

Deverão ser avaliadas as seguintes zonas:

- De toque (a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência), nas imediações do eixo;
- Nos primeiros 150m após a soleira (para caracterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;
- A meio da pista, nas imediações do eixo;
- Sobre as marcas de distância fixa (*Aiming point*), caso existam
- Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

H 3.7 Registo:

Os resultados dos ensaios deverão ser registados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação. Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

- Referência à norma EN 13036-4:2003;
- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:

- Distância à origem da pista;
- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Ângulo do teste relativamente ao tráfego (caso não seja paralelo);
- Temperatura da superfície do teste (depois de molhada);
- Caracterização da borracha: larga ou estreita; CEN ou 4S e número;
- Número de testes efetuados;
- Média PTV de cada ponto;
- Média PTV corrigida, de cada ponto;
- Preferencialmente registo fotográfico de cada zona avaliada.

Para efeitos de registo poderá ser utilizado o formulário do Anexo D.

H 3.8 Avaliação de resultados:

A avaliação passará pela classificação da microtextura de acordo com o disposto na Tabela H3.

H 3.9 Ações face aos resultados:

Relativamente ao parâmetro da microtextura, indiretamente medido através do ensaio do Pêndulo Britânico (PTV) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista) e caso os resultados sejam coerentes relativamente aos valores obtidos nos ensaios de avaliação do coeficiente de atrito a velocidades elevadas (95km/h), dever-se-á:

- **PTV <55** – Conduzir ensaios de Pêndulo Britânico sempre que é medido o coeficiente de atrito;
- **32 <PTV <46** – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da microtextura, a qual deverá estar conforme num prazo não superior a um ano;
- **25 <PTV <31** – Corrigir o problema da microtextura num prazo máximo de 2 meses.
- **PTV <25** – Emitir um NOTAM a dizer que “ o pavimento pode tornar-se escorregadio quando molhado”

A correção da microtextura de pavimentos existentes será muito difícil, uma vez que este parâmetro depende das características do agregado. A correção terá que passar pela execução de novas camadas de desgaste ou da aceitação e melhoramento da macrotextura. A necessidade da adoção de medidas corretivas deste parâmetro terá que ser confirmada pelos resultados das avaliações de coeficiente de atrito a velocidades elevadas (95 km/h).

H 4. TEXTURA

H 4.1 Obrigatoriedade de medição:

Deverão ser conduzidos ensaios de avaliação da macrotextura:

- Apenas quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada.

H 4.2 Medições complementares:

Complementarmente será desejável que se realizem avaliações da macrotextura:

- Em aeródromos nos quais se efetuem mais do que 31 aterragens (por pista, por dia) de aeronaves a reação, desejavelmente deverão ser realizadas pelo menos três avaliações da macrotextura por ano;
- Após operações de limpeza da pista;
- Quando se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto à textura da pista.
- Não obstante o número de movimentos, em aeroportos internacionais, as medições da textura desejavelmente deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

H 4.3 Equipamentos de medição:

A metodologia aconselhada para a medição da macrotextura será a realização de ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha (MTD). Este método e procedimentos a adotar são os estabelecidos na norma europeia EN 13036-1, 2001, a qual deverá ser adotada.

H 4.4 Níveis:

De acordo com o parâmetro MTD - profundidade da macrotextura, obtido através do ensaio da Técnica Volumétrica da Mancha, a classificação da macrotextura deverá respeitar o disposto na Tabela H4:

Tabela H4 - Classificação da macrotextura

Profundidade da macrotextura (MTD)	Classificação da macrotextura
MTD < 0,25mm	Muito fechada
0,25mm < MTD < 0,40mm	Fechada
0,40mm < MTD < 0,76mm	Medianamente fechada
0,76mm < MTD < 1,14mm	Medianamente aberta
1,14mm < MTD < 1,20mm	Aberta
MTD > 1,20mm	Muito aberta

H 4.5 Condições das medições:

- Os ensaios deverão incidir em áreas secas, homogêneas e nas quais não se manifeste a presença de características pontuais tais como fendilhações ou juntas.
- Dever-se-á prestar especial atenção na interpretação dos resultados caso o método seja aplicado sobre superfícies porosas (muito abertas) ou ranhuradas com profundidades consideráveis.
- Os ensaios deverão ser conduzidos por operadores com competência para operação e para a manutenção dos equipamentos de medição da textura, que conheçam as normas aplicáveis e os fatores críticos deste tipo de ensaios;
- Os materiais e equipamentos a utilizar no ensaio e suas condições deverão ser os definidos na norma europeia sobre a avaliação da profundidade da macrotextura da superfície de um pavimento por recurso à Técnica Volumétrica da Mancha, a EN 13036-1 de 2001.

H 4.6 Onde medir:

Deverão ser avaliadas as seguintes zonas:

- De toque, a uma distância fixa da soleira que varia consoante o código de referência, nas imediações do eixo;
- Nos primeiros 150m após a soleira (para caracterização do pavimento do início da corrida à descolagem, de ambos os lados) nas imediações do eixo;
- No centro da pista, nas imediações do eixo;
- Sobre as marcas de distância fixa (*Aiming point*), caso existam;
- Em locais onde pontualmente se tenham verificado diferenças aquando da realização de ensaios de avaliação de coeficiente de atrito em contínuo ou sobre os quais existam dúvidas acerca do atrito.

H 4.7 Registo:

Os resultados dos ensaios deverão ser registados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação. Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local;
- Distância à origem da pista;

- Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Volume de material utilizado para cada avaliação, em milímetros cúbicos;
- Número de testes efetuados;
- Diâmetro médio coberto por material, D, em milímetros, para cada teste;
- Profundidade da textura da superfície, MTD, em milímetros, de cada teste;
- Valores médios de MTD, em milímetros, por zona;
- Valor médio de MTD, em milímetros, de toda a pista
- Sempre que possível, registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Preferencialmente, registo fotográfico de cada zona avaliada.

Para efeitos de registo poderá ser utilizado o formulário do Anexo D.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção deverão ser registados: o local; a extensão de manifestação da patologia; os métodos empregues para a sua eliminação e os resultados obtidos.

H 4.8 Avaliação de resultados:

A avaliação passará pela classificação da macrotextura de acordo com o disposto na Tabela H4.

H 4.9 Ações face aos resultados:

De acordo com o disposto nessa circular, consoante a profundidade média da macrotextura (MTD) de cada zona medida (de toque; de corrida à descolagem; fim de pista) dever-se-á:

- **MTD <1,14mm** – Conduzir ensaios de Técnica Volumétrica da Mancha sempre que é medido o coeficiente de atrito;
- **0,40mm <MTD <0,76mm** – Ativar um plano de manutenção que permita a correção dos valores da macrotextura, a qual deverá estar conforme, num prazo não superior a um ano;
- **MTD <0,25mm** – Corrigir o problema da macrotextura num prazo máximo de 2 meses.

As ações corretivas, no caso de se verificar que a profundidade da macrotextura é insuficiente, deverão incidir sobre os locais afetados e passarão pela realização de operações de limpeza e/ou texturização do pavimento de forma a obter valores de macrotextura superiores a 0,76mm.

Após a conclusão das medidas prescritas pelas ações corretivas, dever-se-ão conduzir novas campanhas de medição da textura para aferir o sucesso das mesmas e para garantir a conformidade da superfície da pista quanto a este critério.

H 5. IRREGULARIDADE

H 5.1 Obrigatoriedade de medição:

Deverão ser conduzidos ensaios de avaliação da medição da irregularidade longitudinal:

- Quando uma pista entra em serviço, pela primeira vez e sempre que seja repavimentada;
- Na presença de problemas de drenagem, com acumulação de água na superfície da pista;
- Não obstante o número de movimentos, em aeroportos internacionais, as medições da irregularidade deverão ocorrer, no mínimo, a cada 36 meses.

H 5.2 Medições complementares:

Complementarmente será desejável que se realizem avaliações da irregularidade longitudinal:

- Quando se coloquem dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto à irregularidade da pista.

A irregularidade transversal apenas terá que ser medida em pistas novas ou repavimentadas ou em caso de dúvidas, devidamente fundamentadas, quanto à irregularidade transversal da pista.

H 5.3 Equipamentos de medição:

- **Nível e mira**
- *Dipstick*
- *Roadmeter*
- **Perfilómetros (Califórnia; inercial e laser)**

H 5.4 Níveis:

São definidos três níveis diferentes de exigência relativamente à irregularidade: o valor de projeto; o valor máximo admissível e o valor máximo temporariamente admissível. O valor de projeto aplica-se a superfícies de pistas novas ou repavimentadas, os outros dois aplicam-se a pistas já em serviço. Os valores máximos admissíveis variam consoante a extensão do troço irregular e consoante são temporários ou permanentes.

Consideraram-se aceitáveis irregularidades da ordem dos 2.5cm a 3cm em troços de 45m de extensão.

Nível de Projeto

Quando apoiada uma régua de 3m, em qualquer local da pista e em qualquer direção, não se deverá visualizar nenhum desvio entre a base da régua e a superfície do pavimento, superior a 3mm. Não é passível a aplicação deste critério a zonas de transição da inclinação do perfil transversal (tais como o eixo no caso da pista ter duas águas, por exemplo) nem ao longo das linhas de água na berma da pista.

É o máximo valor de irregularidade admissível para uma situação que perdure no tempo. O valor depende do comprimento da zona afetada pela irregularidade.

Valores máximos admissíveis

Os valores máximos admissíveis (em permanência no tempo) e os valores máximos temporariamente admissíveis (em situações que não perdurem mais do que três meses) são os que se apresentam na Tabela H5:

Tabela H5 - Níveis de irregularidade

	Extensão do troço irregular [m]								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Máxima irregularidade vertical admitida [cm]	3	3.5	5	5	5.5	6	6.5	8	10
Máxima irregularidade vertical temporária [cm]	3.5	5.5	6.5	7.5	8	9	11	13	15

No caso do cálculo do IRI, nenhum valor na pista deverá exceder os 2.0mm/m.

H 5.5 Condições das medições:

As condições de realização das medições deverão ser as definidas pelo fabricante de cada equipamento em particular.

- Os ensaios deverão ser conduzidos por operadores com competência para operação e para a manutenção dos equipamentos de medição da irregularidade, que conheçam as normas aplicáveis e os fatores críticos deste tipo de ensaios;

H 5.6 Onde medir:

Em pistas novas as medições devem cobrir toda a pista. Deverão ser realizadas medições ao longo de perfis longitudinais, ao longo de toda a extensão da pista, no mínimo:

- Ao eixo da pista;
- A 3m do eixo, de cada lado da pista.

No caso da existência de tráfego misto de aeronaves (de fuselagem estreita e larga):

- A 5m do eixo da pista, também de ambos os lados.

Sempre que houver dúvidas quanto à regularidade, as medições deverão ser realizadas, ao longo dos alinhamentos acima definidos (eixo; 3 e 5m) mas apenas nos locais onde é reportada a irregularidade.

O espaçamento longitudinal de cada medição não deverá ser superior a 3m, ou seja, ao longo de cada alinhamento longitudinal, deverá ser medida a irregularidade a cada 3m.

H 5.7 Registo:

Os resultados dos ensaios deverão ser registados e guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação. Os itens a registar em cada avaliação são os seguintes:

- Nome do aeródromo e código de referência ICAO;
- Data e hora da avaliação;
- Nome do operador do equipamento de medição;
- Designação da pista avaliada;
- Localização e identificação do local:
 - Distância à origem da pista;
 - Distância ao eixo da pista e lado do eixo;
- Velocidade alvo à qual a corrida foi realizada;
- Comprimento da corrida;
- Condição da superfície e registo das temperaturas: ambiente e do pavimento;
- Maior valor de irregularidade e comprimento do troço na qual se manifesta;
- Valor médio da irregularidade por corrida por troços de 60m;
- Preferencialmente registo fotográfico de cada zona avaliada.

Para efeitos de registo poderá ser utilizado o formulário do Anexo D.

Complementarmente, caso os valores obtidos ditem a necessidade de operações de manutenção deverão ser registrados: o local, a extensão, os métodos empregues e os resultados.

H 5.8 Avaliação de resultados:

A avaliação passará pela comparação dos valores obtidos com os da Tabela H5.

H 5.9 Ações face aos resultados:

Se os limites máximos forem excedidos deverão ser conduzidas ações corretivas, no mais curto espaço de tempo. Nesse caso deverá ser desenvolvido um plano de ações corretivas desta patologia. O qual para além da descrição das ações corretivas, deverá conter um cronograma.

Se os desvios forem superiores aos desvios máximos temporariamente admissíveis, os troços em que tal aconteça, devem ser imediatamente reparados, de modo a que a situação não perdure por mais de três meses a partir da deteção da anomalia, sob pena da possibilidade da restrição da operação de aeronaves.

As ações corretivas decorrentes da presença de irregularidades superiores às admitidas passarão pela realização de obras de reperfilamento da pista nos locais onde essas irregularidades se manifestam, para correção das mesmas. Dado o caráter, normalmente, pontual das irregularidades, as obras não terão necessidade de incidir sobre toda a pista.

Após terem sido levadas a efeito e terminadas as medidas preconizadas pelas ações corretivas, dever-se-ão conduzir novas campanhas de medição da irregularidade.

H 6. CONTAMINAÇÃO

H 6.1 Obrigatoriedade de inspeção:

Deverão ser conduzidas inspeções regulares à pista, no mínimo:

- 1 vez por dia em pistas de Códigos 1 e 2;
- 2 vezes por dia em pistas de Códigos 3 e 4.

H 6.2 Inspeções visam

- Limpeza e recolha de *debris*, acumulação de borracha
- Patologias no pavimento
- Após chuvadas identificar e marcar zonas de acumulação de água
- Limpeza e visibilidade da sinalização
- Extremidades/bordos da pista

H 6.3 Contaminantes

Relativamente à contaminação a pista poderá ser classificada como:

- Seca (quando não estiver nem molhada nem contaminada)
- Molhada;
- Contaminada (lama; pó; cinzas; óleo; borracha, musgo)

H6.3.1.Água:

Na presença de água na pista a mesma deverá ser classificada:

- Molhada, quando estiver molhada mas com ausência de poças
- Pista com Água, quando mais de ¼ da pista tenha uma lâmina de água > 3mm

H6.3.2.Borracha:

Na presença de borracha na pista deverá a mesma ser removida:

- Sempre que não seja possível ver a sinalização diurna;
- Sempre que o valor do coeficiente de atrito, após campanha de avaliação, dite a necessidade de manutenção.

Com menor frequência, mas sempre que necessárias, também deverão conduzir-se operações de remoção de borracha nos caminhos de circulação e nas placas de estacionamento (no caso de comprometimento da sinalização diurna, por exemplo).

H6.3.3 Óleo/lama/musgo e outros contaminantes:

Na presença de óleos, lama, musgo, entre outros contaminantes, deverão os mesmos ser imediatamente removidos da superfície da pista

No mínimo, no fim do verão, antes do início da época das chuvas deverá proceder-se a uma lavagem da pista seguida de uma avaliação de atrito.

Em pistas próximas de locais arenosos, de locais quentes e húmidos que propiciem o aparecimento de fungos ou de locais densamente arborizados que propiciem o aparecimento de pólenes deverão ser conduzidas campanhas de avaliação do coeficiente de atrito com maior frequência, e tomadas as medidas necessárias para a correção do problema.

H6.3.4.Neve e gelo:

A presença de neve ou gelo à superfície dos pavimentos aeronáuticos, na pista em especial, é uma condicionante muito determinante das operações, porém, como o fenómeno não afeta as infraestruturas aeronáuticas do nosso país não se inscreve dentro do âmbito das presentes diretrizes. Deste modo apenas se refere que nesses casos poderão ser conferidas as seguintes designações:

- neve seca;
- neve molhada;
- neve compacta;
- neve compacta molhada;
- neve derretida;
- gelo;
- gelo molhado;
- pavimento congelado;
- neve seca sobre gelo;
- neve molhada sobre gelo;
- superfície quimicamente tratada;
- superfície tratada com areia.

H6.3.5.Debris:

Toda a superfície da área de movimento deverá ser inspecionada e a sua condição avaliada e contemplada no plano de manutenção do aeródromo com o propósito de evitar e eliminar a presença de *debris* que possam causar danos nas aeronaves ou suas componentes.

A inspeção relativamente a este aspeto (*debris*) deverá fazer parte do plano de inspeções do aeródromo.

A atuação no lado da prevenção, traz muitos benefícios. Como formas de prevenção poder-se-á incidir nas vertentes da formação e do treino do pessoal, na condução de inspeções de acordo com o planeamento e conforme definido no Manual de Aeródromo, na condução de atividades de manutenção e na fomentação da comunicação entre todos os que acedem à área de movimento e na coordenação das atividades que aí se desenvolvem.

Deverão ser registados dados pertinentes relativamente aos *debris* encontrados e recolhidos, os quais deverão ser guardados por um período de pelo menos 24 meses a partir da data da avaliação.

Os itens a registar em cada situação são os seguintes:

- Data e hora da remoção do *debris*, nome da empresa para quem trabalha a pessoa que encontrou o *debris*, no caso dos operadores do aeródromo também deverá constar o nome do funcionário que recolheu o *debris*;
- Identificação do tipo e tamanho do *debris*;
- Local onde foi encontrado;
- Ações desenvolvidas;
- Fotografia (caso se justifique).